



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

**ANÁLISE E PROJETO ELÉTRICO PARA ADEQUAÇÕES À NR12 DA
PLANTA DE MANUFATURA DO LABORATÓRIO DE AUTOMAÇÃO
DA UNIVATES**

Vicente Luis Weirich Bugs

Lajeado, junho de 2020

Vicente Luis Weirich Bugs

**ANÁLISE E PROJETO ELÉTRICO PARA ADEQUAÇÕES À NR12 DA
PLANTA DE MANUFATURA DO LABORATÓRIO DE AUTOMAÇÃO
DA UNIVATES**

Monografia apresentada na disciplina de Conclusão de Curso – Etapa I, na linha de formação específica em Engenharia de Controle e Automação, da Universidade do Vale do Taquari, como parte da exigência para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Controle Automação.

Orientador: Prof. M. Cláudio Roberto do Rosário.

Lajeado, junho de 2020

RESUMO

A modernização da indústria, onde os processos de manufatura são objetos de constante evolução, mostra que uma indústria automatizada e com equipamentos seguros, possui uma melhor eficiência nos processos e redução significativa nos custos com acidentes, interdições de máquinas e multas. Através do Ministério do Trabalho são redigidas e fiscalizadas normas regulamentadoras (NRs), as quais são seguidas pelas indústrias como forma de cumprimento das exigências específicas de cada NR. A normativa NR12, responsável pela segurança em máquinas e equipamentos, constituiu a NR abordada pelo presente trabalho. As indústrias vêm se adequando à norma mencionada de forma paulatina com o objetivo de desprender investimentos de forma sustentável. O objetivo deste trabalho é realizar uma análise com uma perspectiva voltada para a parte elétrica e automação, buscando projetar a adequação o processo estudado à NR12. Para isso será utilizada a planta de manufatura de polímeros do laboratório de automação da Univates, utilizada como planta didática de ensino. A planta é utilizada pelos alunos dos cursos de Engenharia de Produção e Engenharia Mecânica. Entretanto, a planta não está adequada à NR12. Assim, como resultado do trabalho, foi efetuado uma análise e um novo projeto elétrico para adequação à NR12.

Palavras-chave: Manufatura. NR12. Sustentável. Planta de polímeros.

ABSTRACT

The modernization of the industry, where manufacture processes are objects of constant evolution, shows that an automated industry with safety equipment, has a better efficiency in processes and a significant reduction in costs with accidents, machine interdictions and fines. Regulatory norms (NRs) are drafted and supervised through the Ministry of Labor, which are followed by industries as a way of complying with the specific requirements of each NR. The NR12 standard, responsible for safety in machinery and equipment, constituted the NR addressed by the present work. The industries have been adapting to the norm to loosen investments in a sustainable way. The objective of this work is to carry out an analysis with a perspective focused on the electrical and automation, seeking to design the adequacy of the process studied to NR12. For this, the polymer manufacturing plant of the Univates automation laboratory will be used, used as a teaching plant. The plant is used by students of Production Engineering and Mechanical Engineering courses. However, the plant is not suitable for NR12. Thus, because of the work, an analysis and a new electrical project were carried out to adapt to NR12.

Keywords: Manufacturing. NR12. Sustainable. Polymer plant.

LISTA DE ABREVIATÖES

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

APR – Análise Preliminar de Riscos

AR – Apreciação de Risco

ART – Anotação de Responsabilidade Técnica

CLP – Controlador Lógico Programável

CPU – Unidade de Processamento de Dados

CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia

HRN – *Hazard Rating Number*

IHM – Interface Homem Máquina

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego

NBR – Norma Brasileira Registrada

NR – Norma Regulamentadora

NR12 – Norma Regulamentadora Nº 12

OIT – Organização Internacional do Trabalho

PET – Permissão de Trabalho

SESMT – Serviço Especializado de Segurança e em Medicina do Trabalho

NF – Contato Normalmente Fechado

NA – Contato Normalmente Aberto

EPI – Equipamento de Proteção Individual

EPC – Equipamento de Proteção Coletiva

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Dosadora automática de produto	21
Figura 02 – Módulo de esteira de transporte adequada à NR12.....	23
Figura 03 – Botão de emergência	24
Figura 04 – Botão de rearme e liberação de acesso	25
Figura 05 – Comando bimanual com caixa e botão de emergência.....	26
Figura 06 – Pedal de segurança	26
Figura 07 – Chave de magnética de segurança instalada	27
Figura 08 – Chave RFID com diagnóstico.....	28
Figura 09 – Chave de segurança com bloqueio atuado por solenoide instalada	28
Figura 10 – Chave de segurança com acionamento por cabo	29
Figura 11 – Cortina luz de segurança	30
Figura 12 – Relé de movimento zero	31
Figura 13 – Relé de segurança	31
Figura 14 – CLP de segurança.....	32
Figura 15 – Contactores de segurança	33
Figura 16 – Relé de acoplamento de segurança.....	34
Figura 17 – Válvula pneumática de escape rápido de segurança	35
Figura 18 – Coluna de sinalização	36
Figura 20 – Fluxograma apreciação de risco	42
Figura 21 – Dispositivos de interface humana e segurança.....	45
Figura 22 – Fluxograma para aplicação de redução de riscos	47
Figura 23 – Fluxograma de redução de riscos com visão do projetista.....	48
Figura 24 – Seleção de categorias.....	51

Figura 25 – Aplicação da Categoria B, exemplo.	52
Figura 26 – Aplicação da Categoria 1, exemplo.....	53
Figura 27 – Aplicação da Categoria 2, exemplo.....	54
Figura 28 – Aplicação da Categoria 3, exemplo.....	55
Figura 29 – Aplicação da Categoria 4, exemplo.....	56
Figura 30 – Distâncias de segurança.	67
Figura 31 – Forma para determinar o alcance sobre as proteções fixas e móveis ...	68
Figura 32 – Tabela de distâncias mínimas para as zonas de risco	69
Figura 33 – Escolha dos meios de acesso conforme inclinação	71
Figura 34 – Figura 4 do Anexo III, exemplo de escada sem espelho.....	72
Figura 35 – As sete principais perdas em uma planta industrial.	77
Figura 36 – Planta de manufatura de polímeros.	79
Figura 37 – Esteiras da planta de manufatura de polímeros.....	80
Figura 38 – Sistema supervisório.....	81
Figura 39 – CLP e acessórios da planta de manufatura.	82
Figura 40 – Fluxograma de métodos científicos.....	85
Figura 41 – Visão geral da planta de manufatura de polímeros	87
Figura 42 – Visualização das aberturas de dosagem expostas nos silos	88
Figura 43 – Visualização das aberturas expostas no misturador	89
Figura 44 – Visualização das aberturas expostas na parte de dosagem e pesagem	89
Figura 45 – Visualização dos cilindros expostos na liberação da tampa.....	91
Figura 46 – Visualização do mecanismo exposto do batedor de tampas.....	92
Figura 47 – Visualização dos eixos e mancal da entrada esteira Nº2.....	93
Figura 48 – Visualização dos eixos e mancal da entrada esteira Nº1.....	94
Figura 49 – Visualização dos eixos e mancal da saída esteira Nº3	94
Figura 50 – Visualização dos dispositivos de parada de emergência	96
Figura 51 – Visualização dos locais sem dispositivos de parada de emergência	97
Figura 52 – Visualização dos dispositivos de partida, acionamento e parada	98
Figura 53 – Visualização componentes expostos comando elétrico	99
Figura 54 – Visualização fonte do comando elétrico exposta	100
Figura 55 – Visualização da manopla de acionamento do comando elétrico	100
Figura 56 – Visualização do plugue de alimentação desatualizado	101
Figura 57 – Visualização entrada de alimentação pneumática	103
Figura 58 – Visualização válvulas e acionadores pneumáticos.....	104

Figura 59 – Visualização meio de acesso permanente inexistente	105
Figura 60 – Aplicação do Método de Seleção de Categorias de Segurança	108
Figura 61 – Programa principal parte 1	114
Figura 62 – Programa principal parte 2	114
Figura 63 – Programa de sub rotina dosagem de potes parte 1	115
Figura 64 – Programa de sub rotina dosagem de potes parte 2	116
Figura 65 – Programa de sub rotina dosagem parte 3	117
Figura 66 – Programa de sub rotina pesando potes	118
Figura 67 – Programa de sub rotina dispensando tampas	118
Figura 68 – Programa de sub rotina selando potes parte 1	119
Figura 69 – Programa de sub rotina selando potes parte 2	119
Figura 70 – Programa de sub rotina estocagem de potes parte1.....	120
Figura 71 – Programa de sub rotina parte 2.....	120
Figura 72 – Modificação no supervisório para situação de Segurança Acionada ...	122
Figura 73 – Modificação no supervisório para situação de Segurança Normal	122
Figura 74 – Exemplo de aplicação de proteção mecânica fixa perimetral.....	127
Figura 75 – Exemplo de aplicação de proteção mecânica móvel.....	127
Figura 76 – Exemplo de aplicação de rampa para colocação de potes	128
Figura 77 – Exemplo de aplicação de botão de emergência e rearme	129
Figura 78 – Exemplo de aplicação de chave magnética RFID	129
Figura 79 – Exemplo de aplicação de chave magnética RFID	130
Figura 80 – Exemplo de aplicação de quadro elétrico trancado e sinalizado	131
Figura 81 – Exemplo de aplicação de seccionadora geral	132
Figura 82 – Exemplo de aplicação de aterramento no painel elétrico	133
Figura 83 – Exemplo de aplicação de válvula de segurança pneumática	134

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Categorias para partes relacionadas à segurança de sistemas de comando	51
Tabela 2 – Probabilidade de ocorrência (LO)	57
Tabela 3 – Frequência de exposição (FE)	57
Tabela 4 – Grau de possível lesão (DPH)	58
Tabela 5 – Número de pessoas expostas ao risco (NP).....	58
Tabela 6 – Grau de risco (HRN)	59
Tabela 7 – HRN atual parte dosagem, proteções fixas e móveis intertravadas..	90
Tabela 8 – HRN atual parte fechamento dos potes, proteções fixas e móveis intertravadas	92
Tabela 9 – HRN atual parte das esteiras, proteções fixas e móveis intertravadas	95
Tabela 10 – HRN atual, proteções fixas e móveis intertravadas	96
Tabela 11 – HRN atual, dispositivos de parada de emergência e rearme do sistema de segurança.....	97
Tabela 12 – HRN atual, dispositivos de partida, acionamento e parada.....	98
Tabela 13 – HRN atual, comando elétrico	100
Tabela 14 – HRN atual, desligamento seguro	102
Tabela 15 – HRN atual, aterramento elétrico.....	102

Tabela 16 – HRN atual, dispositivos penumáticos.....	104
Tabela 17 – HRN atual, meios de acesso permanente.....	106
Tabela 18 – HRN atual, sinalização.....	106
Tabela 19 – HRN geral atual da planta de polímeros	107
Tabela 20 – Aplicação do Método de Seleção de Categorias	109
Tabela 21 – Potência dos motores elétricos	109
Tabela 22 – HRN futuro, proteções fixas e móveis intertravadas	126
Tabela 23 – HRN futuro, dispositivos de parada de emergência e rearme do sistema de segurança.....	129
Tabela 24 – HRN futuro, dispositivos de partida, acionamento e parada	130
Tabela 25 – HRN futuro, comando elétrico.....	131
Tabela 26 – HRN futuro, desligamento seguro	132
Tabela 27 – HRN futuro, aterramento elétrico	133
Tabela 28 – HRN futuro, dispositivos pneumáticos	134
Tabela 29 – HRN futuro, meios de acesso permanente	135
Tabela 30 – HRN futuro, sinalização	135
Tabela 31 – HRN geral futuro da planta de polímeros.....	136

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Tema.....	15
1.1.1 Delimitação do tema.....	15
1.2 Problema.....	15
1.3 Hipótese	16
1.4 Objetivo geral	16
1.4.1 Objetivos específicos.....	16
1.5 Justificativa.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 Plantas de manufatura.....	19
2.1.1 Plantas de manufatura com esteiras e dosagens de produto.....	20
2.1.2 Sistemas automáticos utilizados em algumas dosadoras	21
2.2 Dispositivos de segurança.....	23
2.2.1 Redundância da função de segurança.....	24
2.2.2 Botão de emergência.....	24
2.2.3 Botão rearme e liberação de acesso	25
2.2.4 Botões de comando bimanual de segurança	25
2.2.5 Pedal de acionamento de segurança.....	26
2.2.6 Dispositivos de intertravamento de segurança.....	27
2.2.7 Chaves de segurança com acionamento por cabo	29
2.2.8 Cortina de luz de segurança.....	29
2.2.9 Relé de movimento zero	30
2.2.10 Relé de segurança.....	31

2.2.11 Controlador Lógico Programável de segurança	32
2.2.12 Contactor de segurança	33
2.2.13 Relé de acoplamento de segurança.....	33
2.2.14 Válvula de segurança pneumática.....	34
2.2.15 Sinalização de segurança.....	35
2.2.16 Fonte de extra baixa tensão	36
2.3 Diagrama elétrico	37
2.4 Segurança no trabalho e as NRs	37
2.5 Iniciando a análise da NR12	38
2.5.1 Cronograma de adequações	40
2.5.2 Avaliação de Risco (AR).....	41
2.5.3 Definição e norma para avaliação de risco	43
2.5.4 Métodos e técnicas para realização da AR	46
2.5.5 Categorias de Segurança	49
2.5.5.1 Método de Seleção de Categorias de Segurança.....	49
2.5.5.2 Definição da Categoria B	52
2.5.5.3 Definição da Categoria 1.....	52
2.5.5.4 Definição categoria 2	53
2.5.5.5 Definição da Categoria 3.....	54
2.5.5.6 Definição da Categoria 4.....	55
2.5.6 Metodologia de estimativa de risco HRN	56
2.6 Principais itens para adequação à NR12.....	60
2.6.1 Medidas de proteção.....	60
2.6.2 Instalação e dispositivos elétricos	60
2.6.3 Dispositivos de partida e parada	62
2.6.4 Sistemas de segurança.....	63
2.6.5 Dispositivos de parada de emergência	64
2.6.6 Proteções mecânicas fixas e móveis intertravadas	65
2.6.7 Meios de acesso	69
2.6.8 Componentes pressurizados	72
2.6.9 Detectores de presença optoeletrônicos AOPD	74
2.6.10 Transportadores de materiais	74
2.6.11 Sinalização.....	75
2.7 Eficiência nas plantas de manufatura e a NR12	76

2.8 A planta de manufatura do laboratório de automação.....	78
Observa-se na imagem acima indicado pela seta azul as esteiras de saída de produto acabado.	80
2.8.1 Funcionamento da planta	80
2.8.2 Sistema elétrico e automação da Planta de manufatura.....	82
3 METODOLOGIA	84
3.1 Métodos.....	84
4 DESENVOLVIMENTO	86
4.1 Apreciação preliminar de risco	86
4.1.1 Aplicação do método HRN	87
4.1.2 Aplicação do Método de Seleção de Categorias de Segurança.....	107
4.2 Seleção e dimensionamento dos componentes elétricos	109
4.3 Modificações no sistema de automação	112
4.4 Operação e Sistema supervisorio da planta.....	121
4.5 Projeto elétrico	123
5 RESULTADOS.....	125
5.1 Avaliação final de risco.....	126
6 CONCLUSÃO	137
REFERÊNCIAS.....	140
APÊNDICE A – Diagrama elétrico	143
APÊNDICE B – Lista de materiais	183
APÊNDICE C – Lista de I/Os	185

1 INTRODUÇÃO

A modernização da indústria feita principalmente através da automação dos equipamentos onde a segurança deve vir intrínseca, de forma a garantir a segurança dos trabalhadores na operação de máquinas e equipamentos. A automação tem como um dos seus objetivos melhorar a eficiência dos processos, e a segurança busca reduzir o custo econômico e social relacionado aos acidentes, garantir isso não é apenas uma responsabilidade do governo mas também da sociedade (MORAES, 2013).

O termo “equipamentos seguros” começou a ser discutido através do Ministério da Segurança e Medicina do Trabalho no Brasil. Seu início se deu por volta do ano de 1970 com a construção da Usina Hidrelétrica de Itaipu e, em decorrência disso, em 1978, houve a criação da portaria MTb 3.214/1978 sobre normas regulamentadoras. Nesse contexto, o Brasil passou a ter uma relação direta com a Organização Internacional do Trabalho (OIT) ao modelar o processo de melhorias de condições de trabalho de forma semelhante aos países desenvolvidos. Assim, surgem as Normas Regulamentadoras (NRs) que visam determinar os requisitos mínimos a serem seguidos pelas empresas que contratam empregados, os quais são protegidos pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) (MORAES, 2013).

Neste trabalho em específico trata-se da NR12, que é específica para segurança em máquinas e equipamentos, e visa a proteção de pessoas.

1.1 Tema

A segurança em máquinas e equipamentos, regulamentada pela NR 12, é uma das exigências do Ministério do Trabalho, a qual deve basear o processo de modernização das indústrias como forma de cumprimento das exigências legais e garantia de proteção de pessoas. A adequação à NR12 precisa ser acompanhada por uma análise e avaliação de risco. Contudo, devido às questões de investimento em decorrência dos custos atrelados a normalização da segurança dos equipamentos e máquinas, alguns elementos previstos pela norma não são explorados considerando a eficiência da produção e performance dos equipamentos. Considerando esse contexto de normalização e modernização de processos, esse trabalho visa problematizar e propor soluções um processo de adequação à NR12 com vistas a compreender modos de garantir a segurança em máquinas e equipamentos.

1.1.1 Delimitação do tema

O estudo está delimitado a análise e projeto de adequação à NR12 com uma perspectiva mais elétrica, de uma planta de manufatura de polímeros do Laboratório de Automação da Universidade do Vale do Taquari - Univates. O processo é utilizado como planta didática de ensino e fica situada na sala (412) do Prédio (11) na referida Instituição. A planta é utilizada por alunos dos cursos de Engenharia de Produção, Engenharia Mecânica na disciplina de automação de processos.

1.2 Problema

Com o intuito de aprofundar a discussão em torno do processo de adequação de máquinas e equipamentos à NR 12, a qual visa a garantia da segurança de pessoas, o trabalho desenvolve um novo projeto elétrico que corresponda às exigências da NR12. Com base no exposto, lança-se a questão norteadora do trabalho. Quais são as ações necessárias para promover a adequação da planta didática às exigências da NR 12?

1.3 Hipótese

A hipótese levantada inicialmente ao realizar uma análise preliminar sobre o funcionamento da planta em estudo parte do princípio de que a mesma não se encontra em estado de segurança ao ponto de evitar possíveis acidentes quando em funcionamento em momentos de aulas práticas. Para comprovar a hipótese será realizado um estudo das necessidades de adequações à NR 12.

1.4 Objetivo geral

Analisar uma Planta de Polímeros em relação às exigências da NR12 e propor uma projeto elétrico de adequação à norma.

1.4.1 Objetivos específicos

- Analisar as necessidades de adequações da Planta de Polímeros às exigências impostas pela NR12;
- Analisar os riscos envolvidos na ausência da adequação da Planta de Polímeros à NR12; através das normas ABNT NBR ISO 12100 e ABNT NBR 14153;
- Recomendar todas as ações para adequação à NR12, mas com uma perspectiva do sistema elétrico.
- Desenvolver um projeto elétrico para adequação à NR12;
- Realizar uma avaliação de risco com base nas adequações relacionadas no projeto;

1.5 Justificativa

As indústrias vêm se adequando à NR12 de forma paulatina com o objetivo de desprender investimentos de forma sustentável. Logo, a fim de amenizar o custo deste processo de adequação, é importante projetar sistemas de segurança de forma a desprender a menor quantidade possível de recursos e evitar perdas. Nesse sentido, pensar modos de adequação à NR12 visando diminuir os custos para as indústrias, se torna relevante para as indústrias, pois algumas adequações podem causar impactos nos tempos do ciclo de produção, impactando na eficiência dos equipamentos e máquinas.

. Em vista disso, entende-se que o desenvolvimento de processos qualificados frente às adequações à NR12 contribui com a modernização da indústria, bem como com a garantia da segurança de pessoas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A Planta de Manufatura de Polímeros do Laboratório de Automação da Universidade do Vale do Taquari - Univates, inicialmente, foi criada por um conjunto de alunos e professores, com o intuito de disponibilizar uma planta didática para os alunos. No ano de 2009, o – à época aluno do curso de Engenharia de Controle e Automação e hoje atual – professor Henrique Worm, da Univates, iniciou a automação da Planta ao relalizar o seu trabalho de monografia intitulado “Sistema de identificação e manipulação de produtos em planta de manufatura flexível usando RFID”. Naquele momento, com poucos recursos, a Planta foi automatizada de forma simples, porém de forma muito funcional. Logicamente, com recursos reduzidos, há impacto no processode automação. Entretanto, o foco do trabalho citado era o sistema de identificação de produtos RFID, com o qual, através de etiquetas inteligentes, os produtos tiveram suas identificações gravadas e lidas, e após eram manipulados para estocagem por um robo industrial (WORM, 2009). Atualmente, estes sistemas são inexistentes na planta.

No período em que Worm (2008) desenvolveu seu projeto, a NR12 estava sendo colocada em pauta nas indústrias. Por sua vez, na universidade, as questões atinentes à NR12 estavam começando a ser amadurecidas, visto que, à época, esta normativa não possui fiscalização atuante na fabricação de máquinas. Dessa maneira a segurança não foi um item que contemplou o projeto de construção da planta em questão.

Com o intuito de apresentar o referencial teórico desse projeto, este capítulo aborda os elementos envolvidos no processo de adequação de plantas às normativas

de segurança. Nesse sentido, aborda-se neste capítulo, um exemplo de planta de manufatura e os componentes que envolvem sua criação; os dispositivos de segurança que existem atualmente; as Normas Regulamentadoras relacionadas à segurança e os princípios envolvidos; o processo de análise para a adequação à NR12, bem como o processo de apreciação de risco envolvido; o método de estimativa de risco HRN utilizado nas adequações; os itens que podem ser utilizados no processo; a instalação desses dispositivos; os sistemas de segurança envolvidos; o impacto na eficiência dos ciclos produtivos; e, por fim, o objeto de análise e adequação dessa pesquisa: a Planta de Manufatura de Polímeros do Laboratório de Automação da Univates.

2.1 Plantas de manufatura

As plantas de manufatura presentes nas indústrias são responsáveis pela produção em série de produtos e são de extrema importância para as empresas, pois, através da sua automatização, é possível fabricar produtos com melhor eficiência e menor custo, o que torna a empresa mais competitiva (MARTINS, 2009).

A automação das plantas existe a várias décadas e está em constante evolução tecnológica, de maneira que, quanto mais moderna é a planta, mais eficiente ela é. Logo, o modo de construção desta automação deve contemplar um sistema de malha fechada, que é mais eficiente. Contudo, por causa da limitação de custos, muitos sistemas são construídos através de um modelo de malha aberta, cuja eficiência é menor (MARTINS, 2009).

Essa evolução da automação nas indústrias causou um aumento no número de acidentes de trabalho em máquinas e equipamentos, o que fez com que se reformulasse a antiga NR12 (MORAES, 2013). Essa reformulação passou a entender que automação e segurança devem caminhar juntas;

O projeto das máquinas e equipamentos fabricados a partir da publicação da Portaria SIT n.º 197, de 17 de dezembro de 2010, D.O.U. de 24 de dezembro de 2010, deve levar em conta a segurança intrínseca da máquina ou equipamento durante as fases de construção, transporte, montagem, instalação, ajuste, operação, limpeza, manutenção, inspeção, desativação, desmonte e sucateamento por meio das referências técnicas, a serem observadas para resguardar a saúde e a integridade física dos trabalhadores (NR12, 2019, p. 25).

Conforme visto na citação, a indústria deve se projetar suas plantas desde o início considerando a segurança da saúde e integridade física dos trabalhadores. Entretanto, àquelas indústrias que existiam antes da NR12 precisaram passar suas plantas por processos de adequações de seus equipamentos e máquinas.

Com o intuito de visualizar os elementos envolvidos em uma planta de indústria com ênfase nos componentes de segurança, segue abaixo uma série de itens exemplificadores. Foram utilizados como referências os estudos de Worm (2008), Moraes (2013), Grover (2011), Maquinas Edward (2017), Martins (2009), Campos (2012), Pelegrini (2014), Siemens (2020), e também referentes as normas NR12 (2019), ABNT NBR ISO12100 (2013), ABNT NBR 14153 (1998) e Ministério do trabalho (2015).

2.1.1 Plantas de manufatura com esteiras e dosagens de produto

As esteiras de dosagem têm a função de dosar um determinado produto líquido, gasoso, sólido, em pó ou granulado, seja por peso, nível ou por tempo, dentro de uma embalagem rígida ou flexível. Em alguns casos, têm a função tampar ou selar a embalagem, e, após, transportar, selecionar, identificar e etiquetar, ou somente levar até o final da planta de manufatura. Mesmo se tratando de um processo simples, muitas vezes, as esteiras têm algumas particularidades referentes ao tipo de produto e embalagem a ser manipulada. Abaixo, na Figura 01, segue um exemplo de sistema de manufatura compacto, cuja comercialização se dá em forma de um conjunto, chamado de máquina de dosagem automática (MÁQUINAS, 2019).

Figura 01 – Dosadora automática de produto



Fonte: Máquinas (2019).

2.1.2 Sistemas automáticos utilizados em algumas dosadoras

As plantas de manufatura são compostas por sistemas de automação. A automação “pode ser definida como a tecnologia por meio da qual um processo ou procedimento é alcançado sem assistência humana” (GROVER, 2011, p. 68). Este procedimento agiliza o ciclo produtivo que antes eram manuais, como por exemplo: posicionamento da embalagem na máquina, dosagem de produto, fechamento da embalagem, identificação e etiquetagem, e transporte do produto (GROVER, 2011). Abaixo, citarse as principais partes de um sistema simples de manufatura que são geralmente usadas com base nos produtos disponíveis no site da empresa Máquinas Edward (2020).

- Alimentador de embalagem: geralmente é o processo inicial onde embalagem é posicionada, este é realizado através de cilindros pneumáticos se a embalagem for rígida, ou através de desbobinadores e tracionadores se a mesma for flexível. Ao estar no ponto correto, um sensor elétrico detecta a embalagem e termina o processo de posicionamento (MÁQUINAS, 2020).

- Dosagem de produto: varia dependendo do tipo de produto em geral pode ser por peso ou volumétrica. Se o produto for líquido é dosado através de tubulações e válvulas. No caso de ser sólido, isto é, em forma de peças, pó ou granulado, os mesmos podem ser dosados por sistemas de roscas ou esteiras, ou ainda por válvulas compostas por portas basculantes acionadas por cilindros pneumáticos. Geralmente são controlados por sensores de nível, presença de massa, pesagem ou tempo (MÁQUINAS, 2020).
- Fechamento da embalagem: se a embalagem for flexível plástica, pode ser fechada através de soldas por temperatura, se for flexível, de papel, pode ser colada ou costurada. Porém se for rígida geralmente é tampada através de um mecanismo elétrico, mecânico ou pneumático. Da mesma forma possui sensores de posição e temperatura no caso de solda, e se for tampado pode ter sensor de posição ou ainda medição de pressão inserida na tampa (MÁQUINAS, 2020).
- Identificação e etiquetagem: os sistemas de identificação podem ser de vários tipos, desde por imagem através de câmeras, através de peso, de sensores que medem dimensões, nível e presença, ainda sistemas RFID através de etiquetas especiais, leitor de códigos, sistema de gravação a laser entre tantos outros. A parte de etiquetagem pode ser através de impressão ou colagem de etiquetas (MÁQUINAS, 2020).
- Transporte de produto em processo ou acabado: em geral são transportados por cilindros pneumáticos para cima de esteiras que continuam o transporte, mas também podem ser manipulados por sistema de braço robótico. Seu controle é efetuado por sensores de presença, as esteiras possuem geralmente controle de velocidade (MÁQUINAS, 2020).

Sistemas de segurança: além dos sistemas de segurança com acionamento manual como botões de parada de emergência e sensores de segurança das portas, as máquinas possuem sistemas automáticos de segurança como cortinas óticas que monitoram aberturas sem porta, também possuem válvulas de segurança pneumáticas que seccionam o ar comprimido da máquina (MÁQUINAS, 2020). Abaixo temos a imagem de um módulo de esteira de transporte adequada à NR12.

Figura 02 – Módulo de esteira de transporte adequada à NR12



Fonte: Inove (2019).

2.2 Dispositivos de segurança

Os dispositivos de segurança são fabricados com todos requisitos de segurança, qualidade, durabilidade e de tolerância à falhas. Após a fabricação, esses dispositivos devem ser ensaiados e certificados por empresas especializadas em certificação de componentes elétricos de segurança. Os principais requisitos utilizados para a certificação são a redundância das funções de segurança para maioria das categorias, . cuja definição se dá pelo nível de performance do dispositivo em relação a segurança. Ao fim do processo, as empresas certificadoras a emitem um documento que comprova a sua aprovação e certificação (TUV RHEINLAND, 2020). Nos próximos itens, são exemplificados alguns termos e componentes de segurança utilizados em relação aos dispositivos.

2.2.1 Redundância da função de segurança

Quando exigido, conforme a categoria de segurança, os componentes devem ter forma construtiva redundante relacionada à sua função, de forma que em caso de uma parte do componente falhar, a outra parte redundante fará a função de segurança. Desse modo, há uma garantia de que a função de parada segura do dispositivo seja desempenhada (TUV RHEINLAND, 2020).

2.2.2 Botão de emergência

O botão de emergência exerce a função de parada de emergência, pois possui dois contatos elétricos normalmente fechados (NF) com ruptura positiva que não são dependentes de molas. Montados de forma redundante, esse dispositivo tem o acionador em formato semelhante a um cogumelo e é fabricado na cor vermelha. Ao ser acionado para voltar à posição original, deve ser destravado de forma giratória, de forma a ser puxado ou com o uso de uma chave. Ele deve ser instalado próximo aos locais de operação livre de obstruções e de fácil acesso, com etiqueta de identificação padrão (MANUAL, 2015). Segue abaixo ilustração de um botão de emergência.

Figura 03 – Botão de emergência



Fonte: Siemens (2020).

2.2.3 Botão rearme e liberação de acesso

Os botões para operações de rearme da segurança relacionadas a comando podem ser botões comuns com contatos normalmente abertos (NA). Devem ser do tipo faciaados e de pulso com sinalização. Os botões de rearme de segurança são fabricados na cor azul e os de liberação de acesso para abrir intertravamentos de acesso são de cor amarela ou verde. A ligação de comando desses botões deve envolver lógicas relacionadas à segurança, de modo que permitam seu rearme ou liberação somente se o sistema esteja livre de falhas, como contactores colados e outras (MANUAL, 2015).

Figura 04 – Botão de rearme e liberação de acesso

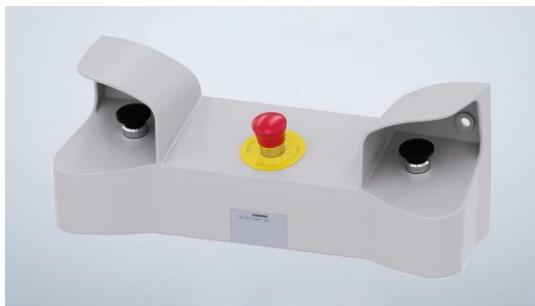


Fonte: Siemens (2020).

2.2.4 Botões de comando bimanual de segurança

Os botões de comando bimanual são sempre utilizados em pares, um para cada mão do operador. Podem ser com arranjo de contatos mecânicos tipo 1NA + 1NF, tipo cogumelo de pulso, na cor verde, e com cobertura de proteção para evitar acionamento acidental. Também podem ser botões de segurança eletrônicos com a mesma configuração de contatos acima mencionados, porém o acionamento é realizado através da detecção ótica de qualquer um dos dedos de cada uma das mãos do operador. Seu acionamento deve ser realizado em sincronismo com as duas mãos, garantindo assim que o operador não esteja com uma das mãos no local de risco (MANUAL, 2015).

Figura 05 – Comando bimanual com caixa e botão de emergência.



Fonte: Siemens (2020).

2.2.5 Pedal de acionamento de segurança

O pedal de segurança tem a função de efetuar o acionamento seguro com um dos pés enquanto o operador precisa utilizar as mãos. O pedal possui sistema de emergência com trava e botão de rearme mecânico integrado, com 3 posições: repouso, acionado e emergência. Assim, a primeira posição é de repouso, a posição intermediária é de pulso de acionamento, e a última é a posição de emergência que é alcançada ao pressionar com mais força no caso de o operador detectar uma situação de risco. Após entrar na posição de emergência, o pedal se mantém na posição que pode ser reiniciada para a posição de repouso, a qual pode ser acionada com um dos dedos pressionando o botão azul de rearme. É fabricado com dois contatos NF redundantes de emergência, com um ou mais contatos NA para acionamento e possui proteção contra acionamentos acidentais (MANUAL, 2015).

Figura 06 – Pedal de segurança



Fonte: Siemens (2020).

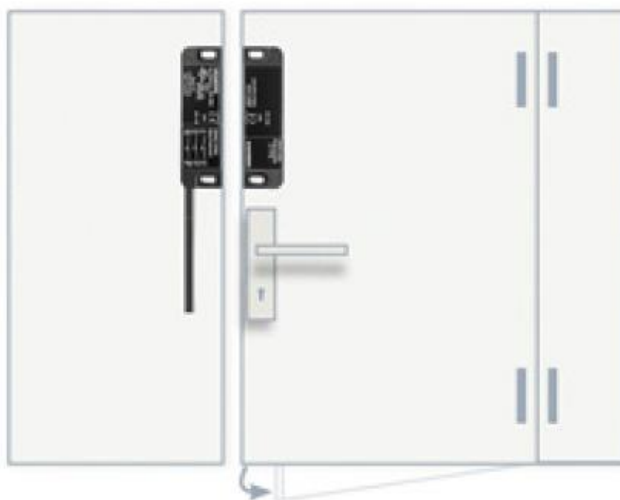
2.2.6 Dispositivos de intertravamento de segurança

Os dispositivos de intertravamento são utilizados para monitorar e bloquear as proteções móveis (portas de acesso e janelas de acesso). Quanto a estes dispositivos, temos dois tipos principais que são definidos no item 12.5.6 da NR12, a qual destaca:

- A proteção deve ser móvel quando o acesso a uma zona de perigo for requerido mais de uma vez por turno de trabalho, observando-se que:
- a) a proteção deve ser associada a um dispositivo de intertravamento quando sua abertura não possibilitar o acesso à zona de perigo antes da eliminação do risco; e
 - b) a proteção deve ser associada a um dispositivo de intertravamento com bloqueio quando sua abertura possibilitar o acesso à zona de perigo antes da eliminação do risco (2019, p. 11).

Conforme o trecho acima, percebe-se que os dispositivos de intertravamento podem ser chaves de segurança magnéticas compostas por sensor com no mínimo dois contatos NF. Este sensor fica fixo na armação da porta e seu acionador magnético fica na parte móvel. Desse modo, quando os dois se encontram, a proteção móvel deve estar fechada garantindo a condição segura (MANUAL, 2015). Segue abaixo ilustração de uma Chave Magnética de segurança instalada.

Figura 07 – Chave de magnética de segurança instalada



Fonte: Siemens (2020).

Outra versão dos dispositivos de intertravamento são as chaves de segurança com codificação RFID e diagnóstico de funcionamento. Estes dispositivos podem ser ligados em arranjos em série sem reduzir a categoria de segurança, dependendo do fabricante, os quais têm duas características: o sistema RFID que garante que

somente o acionador específico acione o sensor, e, identificação de erro através de um *led* sinalizador (MANUAL, 2015). Segue figura de uma chave RFID com diagnóstico.

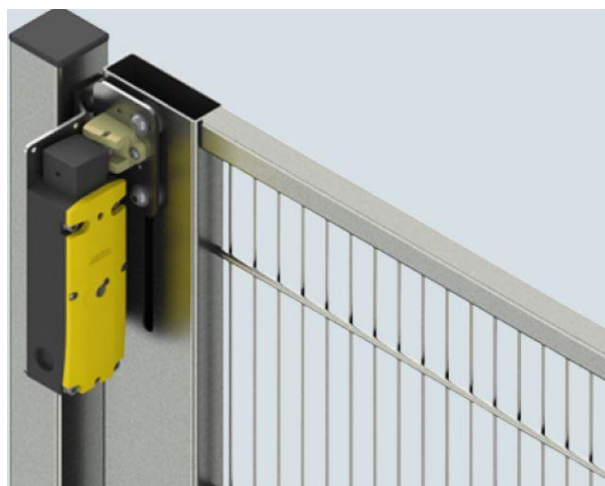
Figura 08 – Chave RFID com diagnóstico



Fonte: Siemens (2020).

Esses dois primeiros dispositivos correspondem a exigência do item “a” do item 12.5.6. Agora, referente ao sub item “b”, temos a chave de segurança com bloqueio atuado por solenoide. Esta possui uma lingueta que fica fixa na proteção móvel, de modo que, ao fechá-la, ao mesmo tempo, a chave de segurança é acionada. Isso permite sua liberação somente após a solenoide da chave ser acionada (MANUAL, 2015). Segue abaixo ilustração de uma chave de segurança com bloqueio atuado por solenoide.

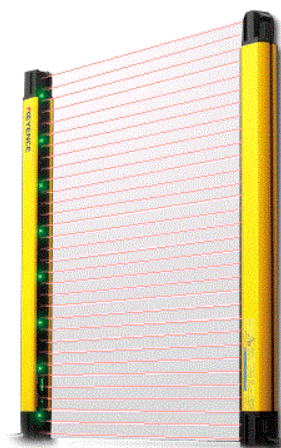
Figura 09 – Chave de segurança com bloqueio atuado por solenoide instalada



Fonte: Siemens (2020).

passagem deste sinal, o sistema é acionado. Possui vários tamanhos e basicamente 3 tipos que determinam a capacidade de detecção relacionada ao tipo de proteção: 14mm para os dedos, 25mm para mãos, e, 45mm para membros do ser humano. Segue abaixo ilustração de uma cortina luz de segurança.

Figura 11 – Cortina luz de segurança



Fonte: Keyence (2020).

2.2.9 Relé de movimento zero

O relé de giro zero tem a função de monitorar a velocidade do motor que aciona as cargas em uma máquina, de forma que, ao detectar velocidade nula, garante a ausência de rotação. Assim, o relé libera o sinal de segurança para desbloqueio das travas de intertravamento com bloqueio, as quais monitoram proteções móveis, permitindo assim o acesso sem risco de acidente (MANUAL, 2015).

Figura 12 – Relé de movimento zero



Fonte: Siemens (2020).

2.2.10 Relé de segurança

O relé de segurança é utilizado para realizar o monitoramento dos dispositivos de segurança de forma redundante, sejam eles botões de emergência, chaves magnéticas, travas com bloqueio por solenoide, cortinas de luz e muitos outros. O relé possui processamentos dos sinais transmitidos e recebidos em seus canais de segurança de forma a monitorar erros no sistema, desenvolvendo uma resposta rápida e segura. É recomendado para sistemas de segurança de pequeno e médio porte (MANUAL, 2015). Segue abaixo ilustração de um relé de segurança.

Figura 13 – Relé de segurança



Fonte: Siemens (2020).

2.2.11 Controlador Lógico Programável de segurança

O controlador lógico programável de segurança (CLP) é utilizado para realizar as funções de vários relés de segurança em conjunto ou em sistemas que possuem uma lógica mais complexa. É geralmente utilizado em sistemas de segurança de médio e grande porte, ou em sistemas de segurança mais complexos. Possuem lógica de segurança limitada pelos blocos de segurança disponíveis em seu software. Sua construção eletrônica e processamento de sinais e comunicação acontece de forma redundante, o que permite a utilização de entradas e saídas digitais seguras e de processos convencionais no mesmo sistema. A lógica de programação de segurança é protegida por uma chave de digital que proporciona a homologação de segurança do sistema, protegendo o sistema contra modificações (MANUAL, 2015). Em relação ao CLP, a norma descreve suas funções no anexo IV, o qual destaca:

Equipamento eletrônico computadorizado - hardware, que utiliza memória programável para armazenar e executar internamente instruções e funções específicas de programa - software, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem, aritmética e blocos de segurança, controlando e monitorando por meio de entradas e saídas de segurança vários tipos de máquinas ou processos. O CLP de segurança deve ter três princípios básicos de funcionamento: - redundância, diversidade e autoteste. O software instalado deve garantir sua eficácia de forma a reduzir ao mínimo a possibilidade de erros provenientes de falha humana no projeto, a fim de evitar o comprometimento de qualquer função relativa à segurança, bem como não permitir alteração dos blocos de função de segurança específicos (NR12, 2019, p. 46).

Devido a sua tecnologia o CLP de segurança quando utilizado é um dos componentes de automação de maior custo na adequação à NR12. Segue abaixo uma ilustração de CLP de segurança.

Figura 14 – CLP de segurança



Fonte: Siemens (2020).

2.2.12 Contactor de segurança

Os contactores elétricos de segurança têm a função de realizar o seccionamento da alimentação elétrica das cargas que realizam os movimentos na máquina, as quais geram risco de acidente com motores e válvulas que comutam cilindros pneumáticos e outros movimentadores elétricos. Estes contactores são fabricados conforme as norma internacionais e possuem contatos tipo espelho e mecanicamente guiados (principais características), forma construtiva que garante a segurança quando acontece um defeito tipo soldagem dos contatos de potência. Nessa situação de defeito, o contato espelho NF irá se manter aberto, impedindo assim o rearme do sistema de segurança (MANUAL, 2015). Segue abaixo uma ilustração dos contactores de segurança.

Figura 15 – Contactores de segurança



Fonte: Siemens (2020).

2.2.13 Relé de acoplamento de segurança

O relé de acoplamento de segurança tem a função de realizar a função de comutação de cargas elétricas de segurança de pequena intensidade. Como exemplos temos contactores de segurança ou válvulas de segurança, com as quais os CLPs de segurança não têm a capacidade de acionar. Assim, as saídas de segurança do CLP comutam os relés de acoplamento de segurança que, por sua vez, comutam as cargas. Sua forma construtiva possui contatos positivamente guiados. Segue abaixo uma ilustração de um relé de acoplamento de segurança.

Figura 16 – Relé de acoplamento de segurança



Fonte: Phoenix (2020).

2.2.14 Válvula de segurança pneumática

A válvula de segurança pneumática de escape rápido tem a função de realizar a função de seccionamento da alimentação pneumática (ar comprimido). Ela efetua o corte e o escape da pressão existente no sistema, de forma a interromper os movimentos dos cilindros e atuadores pneumáticos, eliminando assim riscos ao operador quando se acessa as zonas onde existem estes sistemas no equipamento. Sua forma contrutiva é redundante, nos modelos que atendem categoria de segurança mais elevada possui dois sistemas de válvulas ligados em série e cada uma possui um sensor elétrico de retorno de válvula aberta. Desse modo, toda vez que a válvula fecha, o sensor emite um sinal elétrico de confirmação de válvula fechada. Segue abaixo uma ilustração de uma válvula pneumática de escape rápido de segurança.

Figura 17 – Válvula pneumática de escape rápido de segurança



Fonte: Festo (2020).

2.2.15 Sinalização de segurança

O sistema de sinalização de segurança deve ser feito através de placas e de sinais luminosos e sonoros. As placas de advertência e do risco envolvido devem ser instalados em local visível na máquina e na língua portuguesa. Os painéis elétricos devem estar informando que é um local de acesso somente a pessoas autorizadas, e, também, sobre o risco relacionado a eletricidade (NR12, 2019).

Referente a sinalização luminosa e sonora, o painel elétrico deve possuir um sinalizador vermelho indicando que o mesmo está energizado, os botões de rearme de segurança devem possuir sinalizador na cor azul, solicitando seu rearme quando necessário. Em equipamentos de grande porte devem ser instaladas colunas de sinalização para que seja visível a todos operadores conforme a exigência da norma. Caso necessário, pode ser instalado um sinal sonoro para informar a partida do equipamento (NR12, 2019). Segue abaixo uma ilustração de uma coluna de sinalização.

Figura 18 – Coluna de sinalização



Fonte: Siemens (2020).

2.2.16 Fonte de extra baixa tensão

A fonte de alimentação de extra baixa tensão tem a função de fornecer energia aos sistemas de comando de forma segura, protegendo o operador e manutentores do risco do choque elétrico, conforme item 12.4.13 da NR12 (2019, p. 10) que destaca:

Os componentes de partida, parada, acionamento e controles que compõem a interface de operação das máquinas e equipamentos fabricados a partir de 24 de março de 2012 devem:

- a) possibilitar a instalação e funcionamento do sistema de parada de emergência, quando aplicável, conforme itens e subitens do capítulo sobre dispositivos de parada de emergência, desta NR; e
- b) operar em extrabaixa tensão de até 25VCA (vinte e cinco volts em corrente alternada) ou de até 60VCC (sessenta volts em corrente contínua);

As fontes de alimentação possuem vários modelos e potências que podem ser escolhidas dependendo da sua aplicação. Segue abaixo uma ilustração de uma fonte de alimentação 24Vcc.

Figura 19 – Fonte de alimentação 24Vcc



Fonte: Siemens (2020).

2.3 Diagrama elétrico

O diagrama elétrico tem como objetivo representar as ligações elétricas dos sistema de potência e de comando de uma instalação ou equipamento que vão desde a entrada de alimentação até a alimentação das cargas elétricas, e todo sistema elétrico de comando e segurança. Possui a representação em forma de símbolos de componentes elétricos convencionais e de segurança e todas conexões efetuadas através de condutores elétricos, que representam o funcionamento da máquina.

O diagrama elétrico é um dos documentos exigidos pela NR12 para que um equipamento seja considerado adequado. Este composto no mínimo pelo diagrama do sistema de comando de segurança, e o diagrama unifilar do sistema de potência do equipamento. Para iniciar o diagrama elétrico relacionado aos sistema de segurança, o projetista deve ter em mãos o documento de apreciação preliminar de risco, o qual informa os riscos presentes na máquina, as recomendações para redução destes riscos e qual a categoria de risco que os sistema deve atender (ABNT, 1998).

2.4 Segurança no trabalho e as NRs

A segurança no trabalho no Brasil apresenta uma evolução histórica que reflete a evolução política e social. O Ministério do Trabalho e Emprego teve seu início no ano de 1912, com a criação da Confederação Brasileira do Trabalho (CBT). Somente em 1978, com a criação da portaria MTb 3.214/1978, sobre as normas regulamentadoras, baseadas na OIT, que o Estado brasileiro começou a modelar o

processo de melhorias de condições de trabalho de forma semelhante aos países desenvolvidos. Assim, as NRs foram criadas com intuito de determinar requisitos mínimos a serem seguidos pelas empresas que possuem empregados, estes contratados conforme a CLT. É importante a sociedade ter em mente que a Segurança no Trabalho é responsabilidade de todos. Assim como afirma Moraes “a melhoria nas condições do ambiente e do exercício trabalho tem como objetivos principais diminuir o custo social com os acidentes de trabalho, valorizar a auto-estima e proporcionar a melhoria na qualidade de vida aos trabalhadores” (2013, p. 14).

A primeira publicação da norma regulamentadora NR12 foi no ano de 1978. Depois da sua criação, foram feitas dezoito (18) atualizações incluindo a última, publicada na data de 30 de julho de 2019. A NR12 prevê medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores em máquinas e equipamentos durante a sua construção, utilização, transporte, montagem, instalação, ajuste, operação, limpeza, manutenção, inspeção, desativação e desmonte da máquina ou equipamento. Essa definição aparece no item 12.1.1 da NR12 que destaca:

Esta Norma Regulamentadora - NR e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para resguardar a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos, e ainda à sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas, sem prejuízo da observância do disposto nas demais NRs aprovadas pela Portaria MTb n.º 3.214, de 8 de junho de 1978, nas normas técnicas oficiais ou nas normas internacionais aplicáveis e, na ausência ou omissão destas, opcionalmente, nas normas Europeias tipo “C” harmonizadas (2019, p. 2).

Visando compreender a NR12, apresenta-se a seguir seus princípios básicos.

2.5 Iniciando a análise da NR12

Para constatar a necessidade ou não de adequação à NR12 de um equipamento, o ideal é que um profissional da área de segurança avalie o equipamento. Porém, pode-se verificar alguns itens abaixo para se ter uma noção inicial da necessidade de adequação:

a) Identificar se o equipamento em questão não se enquadra nas exigências da NR12, sendo ele novo ou usado. Caso contrário, considera-se aplicável à norma, conforme item 12.1.4 da NR12 que destaca:

Esta NR não se aplica:

- a) às máquinas e equipamentos movidos ou impulsionados por força humana ou animal;
- b) às máquinas e equipamentos expostos em museus, feiras e eventos, para fins históricos ou que sejam considerados como antiguidades e não sejam mais empregados com fins produtivos, desde que sejam adotadas medidas que garantam a preservação da integridade física dos visitantes e expositores;
- c) às máquinas e equipamentos classificados como eletrodomésticos;
- d) aos equipamentos estáticos;
- e) às ferramentas portáteis e ferramentas transportáveis (semi estacionárias), operadas eletricamente, que atendam aos princípios construtivos estabelecidos em norma técnica tipo “C” (parte geral e específica) nacional ou, na ausência desta, em norma técnica internacional aplicável;
- f) às máquinas certificadas pelo INMETRO, desde que atendidos todos os requisitos técnicos de construção relacionados à segurança da máquina (2019, p. 3).

b) Verificar se as máquinas importadas ou nacionais atendem à norma de segurança internacional ISO 13849:2015 que se refere à segurança de máquinas e partes de sistemas de comando. É também necessário verificar se esses equipamentos apresentam a respectiva documentação do fabricante citada no item 12.13.4 da NR12 (2019). Nesse caso, são consideradas adequadas em parte, conforme cita o item 12.1.11 da NR12 que destaca:

As máquinas nacionais ou importadas fabricadas de acordo com a NBR ISO 13849, Partes 1 e 2, são consideradas em conformidade com os requisitos de segurança previstos nesta NR, com relação às partes de sistemas de comando relacionadas à segurança (2019, p. 4).

c) Verificar se existe e esta disponível o documento de laudo de apreciação de risco (AR), conforme item 12.1.9 da NR12 que destaca:

Na aplicação desta NR e de seus anexos, devem-se considerar as características das máquinas e equipamentos, do processo, a apreciação de riscos e o estado da técnica” (2019, p. 4).

d) Verificar dados relacionados aos documentos abaixo, que devem fazer parte da documentação da AR (NR12, 2019):

- Apreciação preliminar de risco (APR);
- Projeto elétrico do sistema de segurança e diagrama unifilar;
- Certificado de segurança dos componentes;

- Projeto mecânico, pneumático e hidráulico;
- Laudo de aterramento;
- Manual de segurança, operação e manutenção;
- Registro de treinamento de segurança para operação e manutenção;
- Avaliação final de risco;
- Anotação de responsabilidade técnica de segurança (ART);
- Anotação de responsabilidade técnica do projeto elétrico (ART);
- Anotação de responsabilidade técnica do projeto mecânico (ART);
- Anotação de responsabilidade técnica do projeto pneumático (ART);
- Anotação de responsabilidade técnica do projeto hidráulico (ART);
- Demais documentos exigidos para outros equipamentos ou dispositivos específicos mencionados em algum dos seus 12 anexos da norma NR12.

Tomando como base as condições acima, pode-se identificar se um equipamento tem a necessidade de adequação à NR12. Caso já esteja adequado, é importante manter estes documentos disponíveis em decorrência de inspeções, conforme item 12.18.1 da NR12 que destaca:

Toda a documentação referida nesta NR deve ficar disponível para CIPA ou Comissão Interna de Prevenção de Acidentes na Mineração - CIPAMIN, sindicatos representantes da categoria profissional e Auditoria Fiscal do Trabalho, apresentado em formato digital ou meio físico (2019, p. 29).

Se houver mais de um equipamento não adequado, devem ser feitas análises preliminares de risco de cada máquina pelo Engenheiro de Segurança, responsável técnico pela adequação à NR12 da empresa para determinar inicialmente qual a classe de risco de segurança de cada equipamento. Estas podem ser B, 1, 2, 3 e 4 (ABNT, 2013).

2.5.1 Cronograma de adequações

Para que um equipamento tenha necessidade de ser adequado, deve estar em uso dentro da planta industrial, caso contrário deve ser segregado, bloqueado e sinalizado. Porém, sua adequação deve ser prevista através de cronograma, ou deve ser desativado, desmontado e documentado através de fotos. Para realizar o cronograma de adequações, deve-se ter uma noção de custo, para que a empresa tenha condições de cumprí-lo.. Conforme item 12.1.6 da NR12 (2019, p. 3) que

destaca “É permitida a segregação, o bloqueio e a sinalização que impeçam a utilização de máquinas e equipamentos, enquanto estiverem aguardando reparos, adequações de segurança, atualização tecnológica, desativação, desmonte e descarte”.

Recomenda-se que o cronograma de adequação siga uma ordem da maior classe de risco de segurança para a menor, conforme a análise preliminar de risco (APR). Essa recomendação é feita porque quanto maior a classe de segurança identificada na análise maior será o risco do acidente, com maior gravidade de dano e maior probabilidade de ocorrer (ABNT, NBR ISO12100, 2013).

Além disso, a empresa deve manter disponível uma relação de máquinas atualizadas à disposição da Auditoria-Fiscal do Trabalho (NR12,2019).

2.5.2 Apreciação de Risco (AR)

Após identificados quais equipamentos necessitam ser adequados, inicia-se a análise preliminar de risco (APR), a qual permite verificar o equipamento em conjunto com os operadores e manutentores da máquina. Assim, o Engenheiro de Segurança pode ter uma noção de como o equipamento opera, como é feita sua manutenção, quais as necessidades funcionais dele, e quais os riscos envolvidos. Durante essa análise, deve-se ter atenção às inúmeras exigências da NR12, por ser impossível para o profissional de segurança prever todas situações e tipos de máquinas.

O Engenheiro de segurança deve levar em consideração o funcionamento do equipamento, tendo em vista que a segurança é item primordial de modo que respeite as diretrizes da norma, conforme item 12.1.9.1 da NR12 (2019, p. 4) que destaca:

A adoção de sistemas de segurança nas zonas de perigo deve considerar as características técnicas da máquina e do processo de trabalho e as medidas e alternativas técnicas existentes, de modo a atingir o nível necessário de segurança previsto nesta NR.

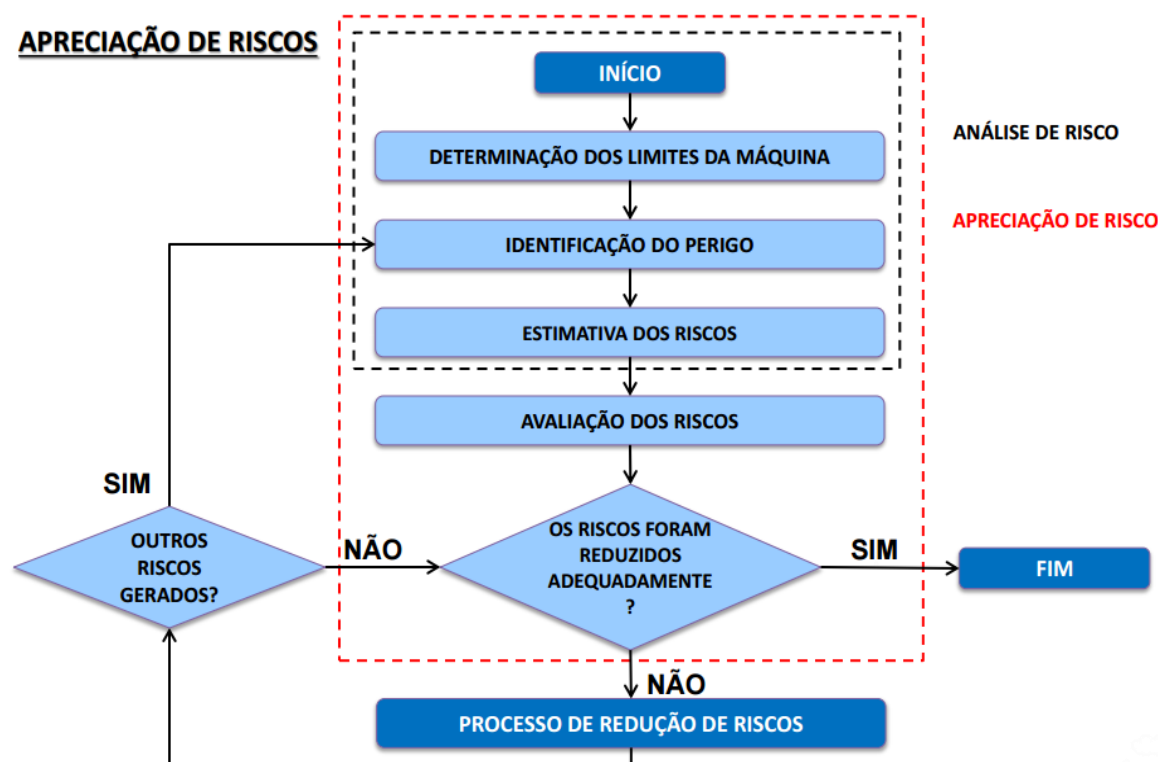
Assim, a apreciação de risco (AR), processo composto pela análise e avaliação de riscos da máquina, é efetuada de forma que o primeiro passo da adequação é a análise preliminar de riscos (APR), ao passo que, após a máquina estar adequada conforme todas recomendações da APR, é realizado a avaliação final de riscos . Estas análises e avaliações devem ser feitas por um profissional de segurança habilitado no

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA). Para cada etapa deve ser criado um documento assinado pelo Engenheiro de Segurança com Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), o qual será composto pela ART da APR e ART da avaliação final de riscos, formando a apreciação de riscos como um todo ABNT, NBR ISO 12100 (2013). O processo se resume pelas seguintes partes:

- 1) Identificar perigos;
- 2) Enumerar riscos;
- 3) Identificação das causas dos riscos e perigos;
- 4) Identificação das pessoas expostas;
- 5) Estimar possíveis danos;
- 6) Analisar qualitativamente e quantitativamente os riscos;
- 7) Planejar medidas para controle de riscos.

O processo de apreciação de risco dos equipamentos e máquinas pode ser compreendido por meio do fluxograma de etapas que segue abaixo:

Figura 20 – Fluxograma apreciação de risco



Fonte: Automate Engenharia (2017).

Percebe-se no fluxograma que existe um processo central identificado no pontilhado em vermelho, o qual é nomeado de apreciação de risco. Dentro desse pontilhado vermelho há um pontilhado preto que corresponde ao período inicial do processo, a análise de risco. Após essa primeira fase, o processo continua com a avaliação de riscos que visa responder se os riscos foram reduzidos adequadamente. Caso a resposta seja sim, o processo é considerado finalizado. Caso a resposta seja não, inicia-se o processo de redução de riscos que visa responder uma segunda pergunta: Outros riscos foram gerados? Caso a resposta dessa segunda pergunta seja não, retorna-se para segunda pergunta: Os riscos foram reduzidos adequadamente? Caso a resposta continue sendo negativa, retorna-se para o processo de redução de riscos até que seja possível obter uma resposta positiva.

2.5.3 Definição e norma para apreciação de risco

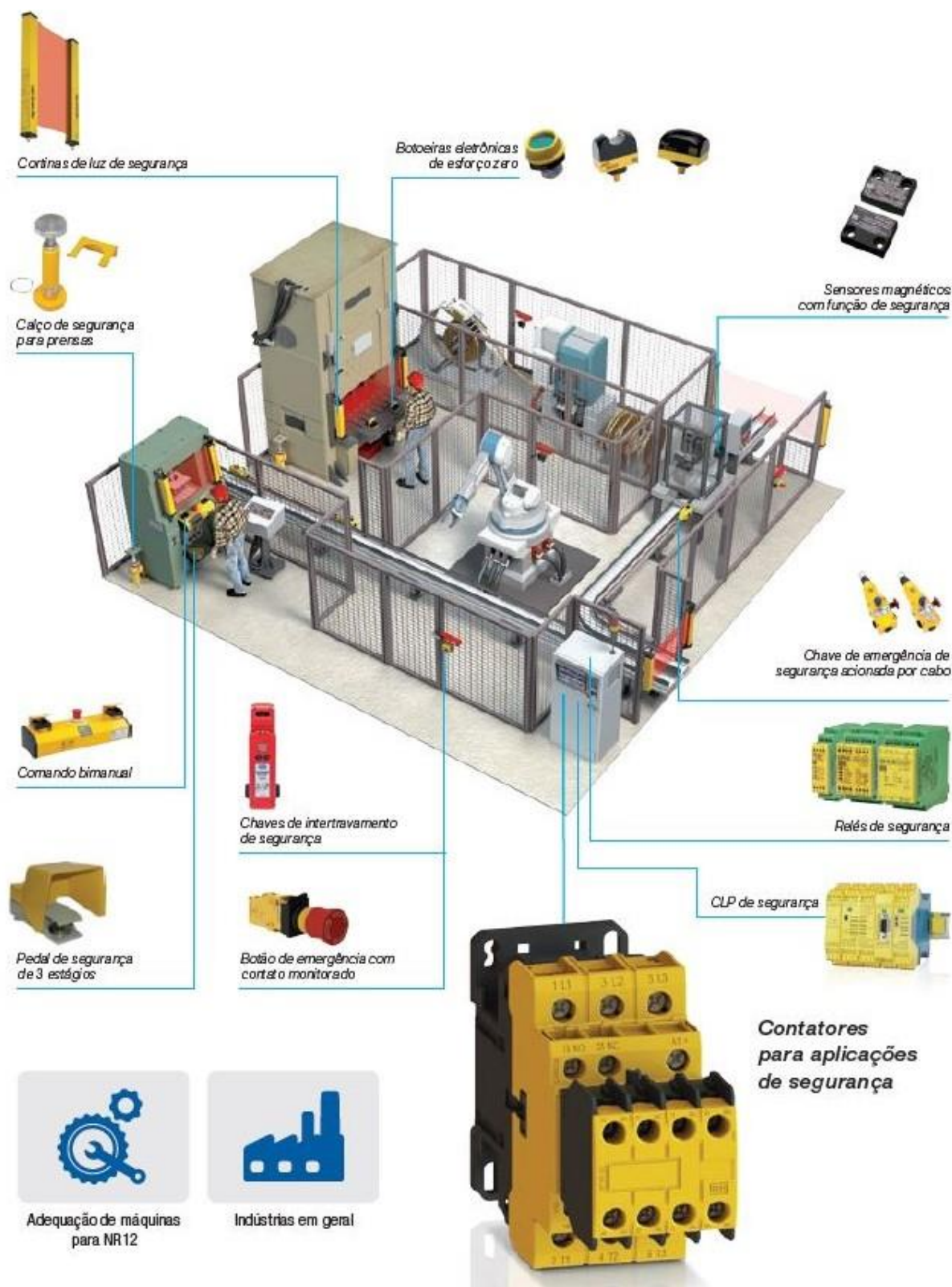
Conforme a ABNT, NBR ISO 12100 (2013), que fala sobre segurança de máquinas e princípios gerais de projeto, apreciação e redução de risco, a parte de avaliação de risco é baseada na análise do risco. Essa análise aponta o quanto os objetivos para redução de riscos serão atingidos ou foram atingidos caso a máquina já estiver com o processo prático de adequação completo. As estimativas de risco, parte do processo, mostram a provável gravidade e probabilidade de que um dano ocorra a uma pessoa ao utilizar a máquina por meio da combinação de probabilidade e severidade. Consonante ao que explica o artigo 19 da Lei nº 8.213 (BRASIL, 1991), um risco, que pode causar um acidente de trabalho, é o que ocorre a serviço da empresa, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte, perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade de executar um trabalho (MORAES, 2013).

Os perigos evidenciados na AR são sempre possíveis causadores de danos e são separados pela sua origem - perigo mecânico ou elétrico - ou mais específicos - perigo de choque elétrico, perigo de esmagamento, perigo de corte por cisalhamento etc. Quando uma pessoa fica exposta a uma situação de pelo menos um perigo, esta pode ser chamada de situação perigosa. Qualquer área, dentro ou arredores, onde o operador, pessoa ou técnicos de manutenção podem ficar expostos ao perigo, é chamada de zona de perigo (ABNT, NBR ISO 12100, 2013).

As medidas para atingir a redução de risco necessária podem ser implementadas pelo projetista ou usuários, utilizando procedimentos que são seguros para o trabalho, como sistemas de controle, Permissão de Trabalho (PET), proteções de segurança adicionais, o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs), e os treinamentos (ABNT, NBR ISO 12100, 2013). Existem medidas de segurança que são utilizadas durante os projetos, já pensadas para minimizar os riscos.

Seguem abaixo uma ilustração com dispositivos de segurança implemetados para a apreciação e redução de riscos:

Figura 21 – Dispositivos de interface humana e segurança.



Fonte: Linha de segurança WEG (2019).

2.5.4 Métodos e técnicas para realização da AR

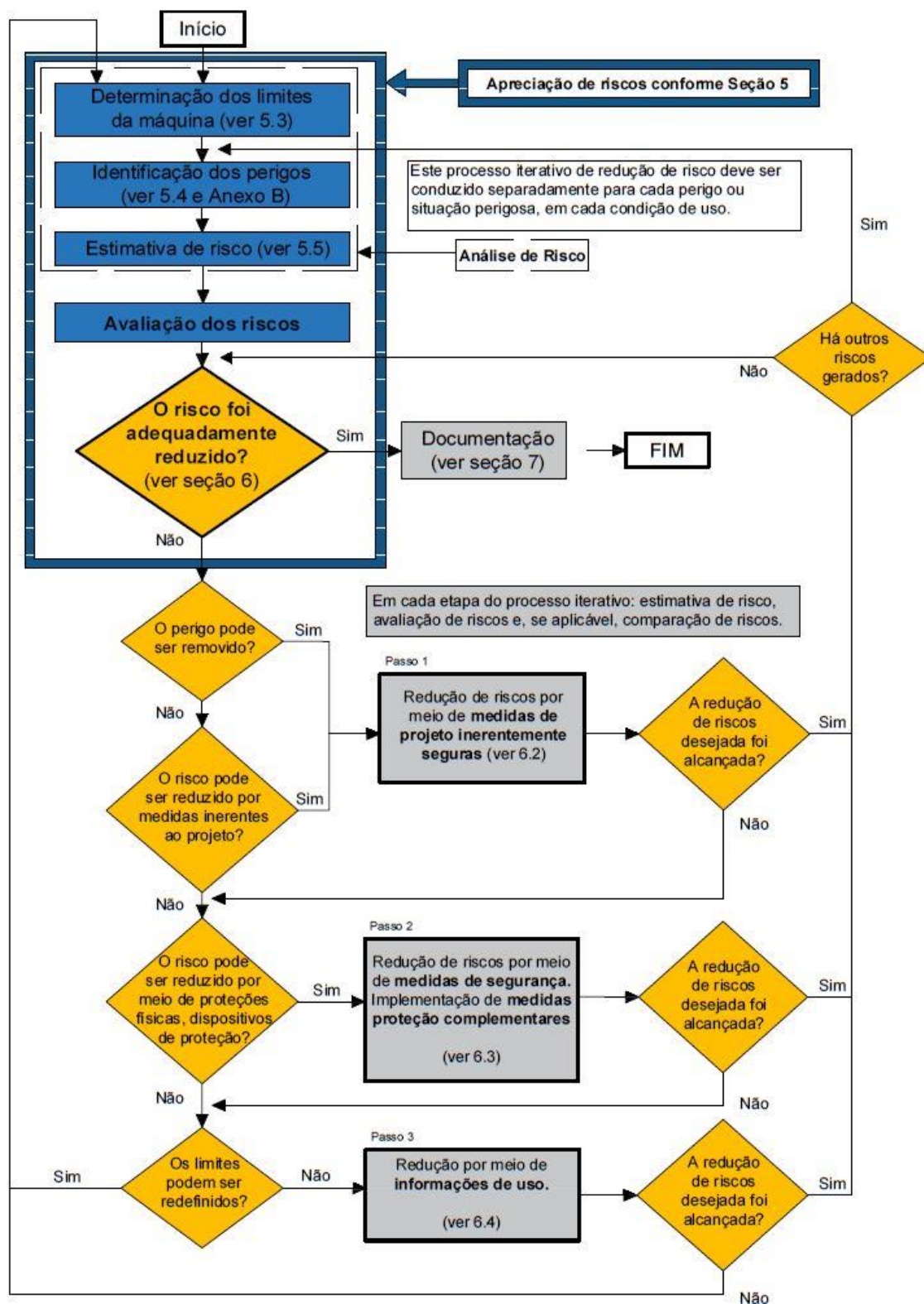
O processo para realização da redução de riscos está descrito de forma técnica pela norma da ABNT, conforme os passos abaixo:

- 1) Relacionar os limites da máquina, incluindo o mau uso do equipamento ou qualquer outro uso previsível;
- 2) Identificar situações perigosas que podem ser geradas pela máquina;
- 3) Fazer uma estimativa dos riscos, considerada a relação de severidade e probabilidade dos danos que podem ser causados à saúde de pessoas;
- 4) Avaliar todos os riscos com o objetivo focado na redução;
- 5) Aplicar medidas de proteção para eliminar ou reduzir os riscos relacionados aos perigos (NBR ISO 12100, 2013, p. 9).

Esse processo de apreciação de risco é composto pelas etapas de 1 a 4 acima descritas, e a etapa 5 corresponde à outra fase, a de redução de riscos. Deve ser aplicada a sistemática representada na figura 22 a seguir de acordo com os itens da norma, e repetir o ciclo quantas vezes forem necessárias (ABNT, NBR ISO 12100, 2013).

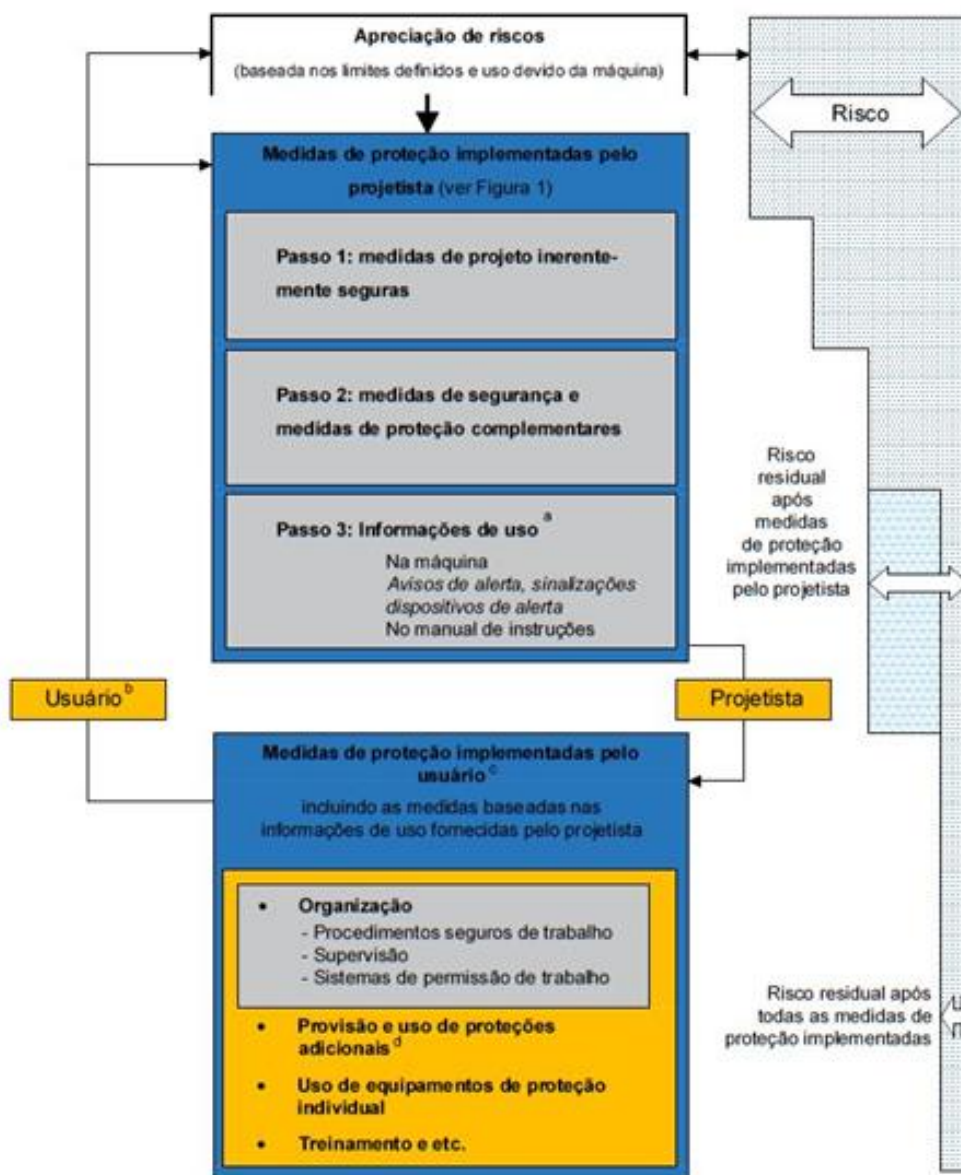
Na figura 23, que segue logo abaixo, também pode-se ver a apreciação de riscos do ponto de vista do projetista com uma visão mais objetiva. Observa-se que a figura apresenta os 3 passos referentes às medidas de segurança inerentes ao projeto, proteções de segurança ou medidas de proteção complementar e informação para uso. Salienta-se que é importante verificar a necessidade de medidas adicionais a serem implementadas pelo usuário, e por fim qual o risco residual resultante, conforme ABNT, NBR ISO 12100 (2013, p. 11-12):

Figura 22 – Fluxograma para aplicação de redução de riscos



Fonte: Automate Engenharia (2017).

Figura 23 – Fluxograma de redução de riscos com visão do projetista



Fonte: Automate Engenharia (2007).

A norma ABNT, NBR ISO 12100 (2013), conforme descrito no parágrafo anterior por meio de um fluxograma, apresenta uma técnica para apreciação de risco. Contudo, não apresenta uma metodologia quantitativa desse processo. Para isso, o Ministério do Trabalho (2015) recomenda a utilização do método Hazard Rating Number (HRN) que é baseado nos passos lógicos da norma ABNT, NBR ISO 12100 (2013).

Para seleção de categorias de segurança, a norma ABNT NBR 14153 (1998), no seu anexo B, apresenta um guia para seleção de categorias de segurança.

2.5.5 Categorias de Segurança

As categorias de segurança, que um determinado sistema de segurança atende, são determinadas pela Norma ABNT NBR 14153 (1998), a qual mostra que, para atingir determinada categoria - B, 1, 2, 3 ou 4 - deve ser feita uma combinação e interligação das partes de comando elétrico da máquina e dos dispositivos de segurança, de forma que alcancem determinado nível de resitência a falhas. A lógica de comando elétrico pode ser feita tanto pelo hardware como pelo software. Para que estes componentes de segurança tenham validade, devem possuir certificado de segurança homologado, realizado por uma empresa de certificações de segurança (ABNT, NBR 14153, 1998).

A Norma ABNT NBR 14153 se baseia na norma internacional EN ISO 13849-1:2015 - *Safety of Machinery - Safety related parts of control system*, na qual as categorias são divididas em níveis de “A” a “E”, sendo que o “E” é o mais avançado. Esses níveis, são denominados pela norma internacional como *performance level* (PL), e são definidos através de uma fórmula matemática de probabilidade de falha dos componentes de segurança *Safety Integrity Level* (SIL) - que é informado pelo fabricante. Assim, por exemplo, componentes de segurança com característica SIL3 equivalem à categoria 4 da norma brasileira. Segue, no próximo item, a explicação do método de seleção de categorias de segurança.

2.5.5.1 Método de Seleção de Categorias de Segurança

O processo de seleção de categoria de risco serve como estimativa para o projetista dimensionar os componentes de segurança a serem utilizados no equipamento e projetar um diagrama elétrico, de acordo com o Anexo B da ABNT NBR 14153 (1998, p. 19) que destaca:

Este método fornece apenas uma estimativa da redução do risco e tem a intenção de orientar o projetista e o elaborador de normas a escolher a categoria, baseado em seu comportamento, no caso de um defeito. Entretanto, isso é apenas um aspecto e outras influências também irão contribuir para a avaliação de que a adequada segurança tenha sido atingida.

São considerados no método classe de segurança da máquina, designadas por letras, onde:

S se refere a severidade do ferimento que pode ocorrer, sendo S1: leve (reversível) e S2: grave (Irreversível). De acordo com ABNT NBR 14153 (1998, p. 19) que destaca:

Para tomar uma decisão, as consequências usuais de acidentes e processos normais de cura devem ser levadas em consideração na determinação de S1 e S2, por exemplo, contusões e/ou lacerações, sem complicações devem ser classificadas como S1, enquanto que uma amputação ou morte deve ser classificada como S2.

F se refere a frequência ou tempo exposição ao risco que pode ocorrer, sendo F1: raro a relativamente frequente ou baixo tempo de exposição e F2: frequente até contínuo ou tempo de exposição longo. De acordo com ABNT NBR 14153 (1998, p. 19) que destaca:

O período de exposição ao perigo deve ser avaliado com base no valor médio observado, com relação ao período total de utilização do equipamento. Por exemplo, se for necessário acessar regularmente as ferramentas da máquina durante sua operação cíclica, para a alimentação e movimentação de peças, F2 deve ser selecionado. Se o acesso somente for necessário de tempo em tempo, pode-se selecionar F1.

P se refere a possibilidade de evitar perigo sendo P1 = Possível sob condições específicas, P2 = Quase nunca possível.

A ABNT NBR 14153 (1998) explica que um perigo pode ser evitado antes de se tornar um acidente. Assim, algumas características devem ser abordadas para definição do parâmetro P, como: a operação com ou sem supervisão; a operação por especialistas ou por não profissionais; a velocidade com que o perigo aparece, entre outros. De acordo com ABNT NBR 14153 (1998, p. 20) que destaca:

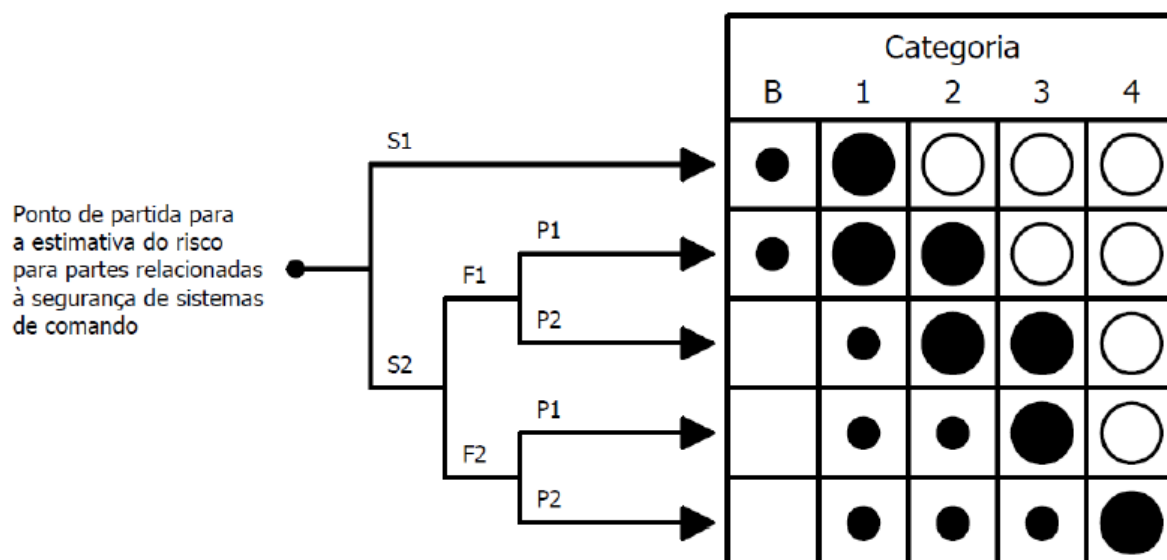
Para Quando uma situação de perigo ocorre, P1 deve apenas ser selecionado se houver uma chance real de se evitar um acidente ou reduzir significativamente o seu efeito. P2 deve ser selecionado se praticamente não houver chance de se evitar o perigo.

A seleção de categoria ocorre de acordo com o Anexo B da ABNT NBR 14153 (1998, p. 19) que destaca:

A categoria preferencial é indicada por um círculo maior totalmente cheio. Em algumas aplicações o projetista, ou o elaborador de normas do tipo C, pode desviar para outra categoria, indicada por um círculo totalmente preenchido menor, ou um círculo maior, vazio.

A Figura 24 e a Tabela 1, apresentadas mais abaixo, mostram os parâmetros para a escolha das categorias de risco.

Figura 24 – Seleção de categorias



Fonte: Do autor , adaptado da NBR 14153 (1998).

A Figura 24 mostra especificamente o ponto de partida para a estimativa.... Enquanto que, a Tabela 1, abaixo, apresenta o símbolo que aparece na Figura 24 e a descrição do seu significado.

Tabela 1 – Categorias para partes relacionadas à segurança de sistemas de comando

Símbolo	Descrição
●	Categorias preferenciais para os pontos de referência
○	Categorias podem ser superdimensionadas para o risco relevante
●	Categorias que requerem medidas adicionais

Fonte: Do autor, adaptado da NBR 14153 (1998).

Segue, nos próximos itens, descrição da definição das categorias envolvidos no método de seleção.

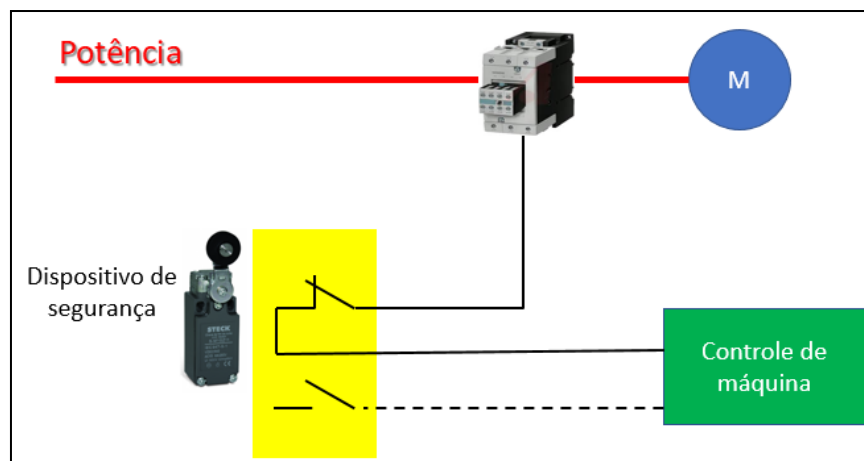
2.5.5.2 Definição da Categoria B

De acordo com ABNT NBR 14153, os sistemas de segurança devem resistir à:

- Fadiga operacional prevista, ou seja, resistência mecânica dos componentes e determinado número de operações em uma frequência específica;
- Capacidade de não se alterar através da interação do produto ou insumos processados na máquina;
- Influências externas como: alimentação elétrica, vibração, choques mecânicos, etc (1998, p. 10).

Na categoria B não são aplicadas medidas especiais, logo, quando um defeito acontece ele pode levar à perda da função de segurança. Assim, medidas de segurança adicionais devem ser determinadas (ABNT, NBR 14153, 1998). Segue abaixo ilustração de aplicação da categoria B.

Figura 25 – Aplicação da Categoria B, exemplo.



Fonte: Automate Engenharia (2017).

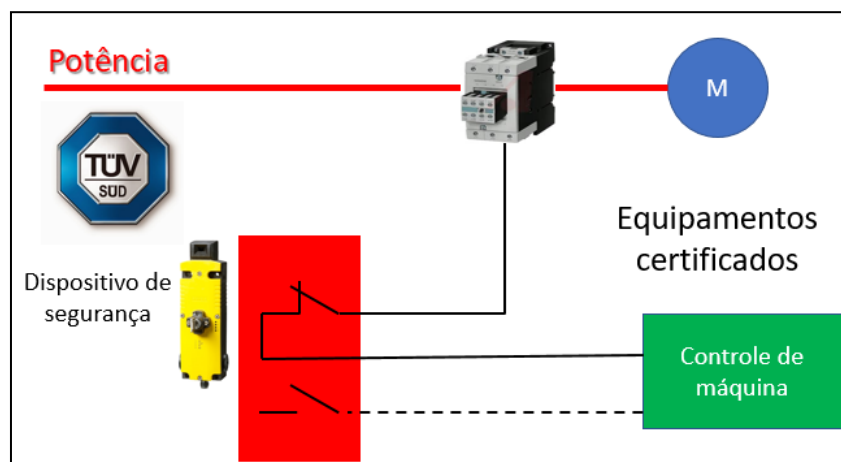
É possível notar que não existe dispositivo eletrônico de segurança para monitorar o fim de curso nem o contactor, assim em caso de falha se perde a função de segurança.

2.5.5.3 Definição da Categoria 1

Para a definição da categoria 1, devem ser aplicados todos os requisitos da categoria B e além destes, serem construídos com componentes testados e segurança comprovada. Logo, estes componentes devem “Ter sido utilizados em

aplicações similares anteriormente, ou; Ser projetados e construídos de forma a atenderem práticas de segurança” (ABNT, NBR 14153, 1998, p. 11). Segue abaixo figura que ilustra a aplicação da categoria 1.

Figura 26 – Aplicação da Categoria 1, exemplo.



Fonte: Automate Engenharia (2017).

Na figura acima nota-se que o dispositivo de segurança é certificado, mesmo o sistema não possuindo dispositivo eletrônico de segurança para monitorar a chave de segurança. A probabilidade de se perder a função de segurança é menor que na categoria B.

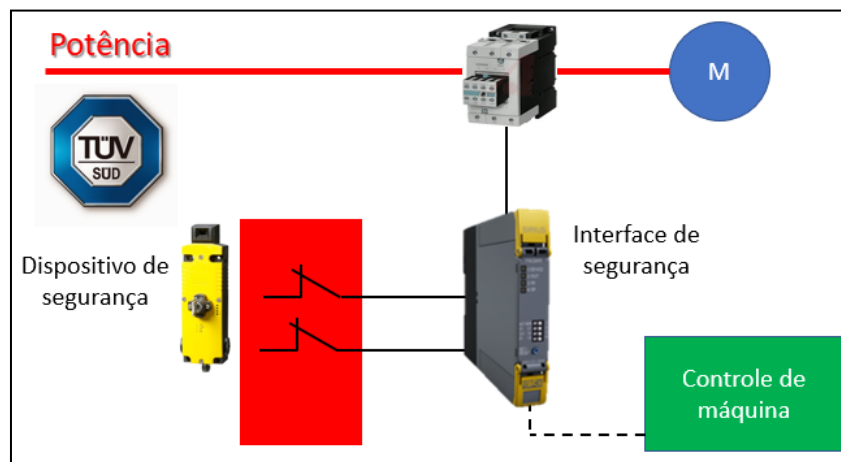
2.5.5.4 Definição categoria 2

A aplicação dos requisitos da categoria B e além destes, devem ser construídos de modo que o sistema de segurança e suas condições sejam verificados em intervalos regulares. Estas verificações devem ser efetuadas e devem atender os seguintes requisitos:

- Toda vez que a máquina partir ou iniciar um ciclo, e ;
- E em um período regular durante a operação, se avaliação de risco ou operação exigir isso;
- Somente se nenhum defeito for constatado, deve-se permitir a partida;
- Enviar um sinal para iniciar uma ação de comando de segurança e se um defeito for identificado, sinalizar ou interromper o funcionamento.

Neste sistema a ocorrência de um defeito pode levar à perda da função de segurança entre as verificações (ABNT, NBR 14153, 1998). Na figura abaixo, o dispositivo de segurança está sendo monitorado por outro dispositivo eletrônico de segurança, chamado de interface de segurança ou relé de segurança, que pode ser ou não programável.

Figura 27 – Aplicação da Categoria 2, exemplo.

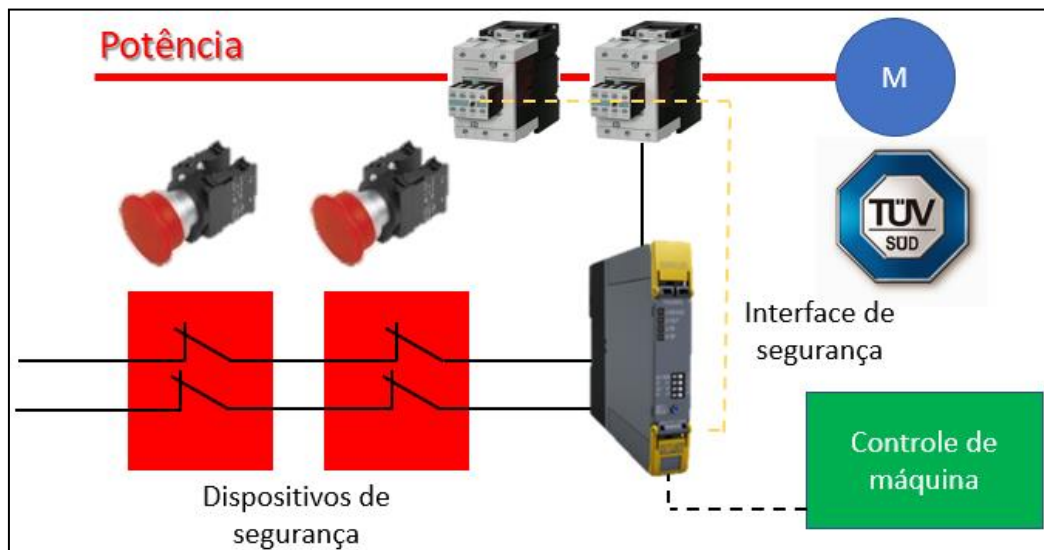


Fonte: Automate Engenharia (2017).

2.5.5.5 Definição da Categoria 3

Para a definição da categoria 3 são implementadas as características da categoria B, mas de forma que um defeito isolado não cause a perda das funções de segurança. Defeitos comuns devem ser previstos, e devem ser identificados durante ou antes da verificação de segurança (ABNT, NBR 14153, 1998). Na figura abaixo temos dispositivos de segurança aplicados de forma redundante.

Figura 28 – Aplicação da Categoria 3, exemplo.



Fonte: Automate Engenharia (2017).

A aplicação da categoria 3 faz com que somente o acúmulo de falhas isoladas possa fazer os sistemas de segurança perderem sua função. No caso ilustrado, os botões de emergência representados em vermelho e os contactores representados em preto e branco, que estão conectados de forma redundante, são todos monitorados pela interface de segurança.

2.5.5.6 Definição da Categoria 4

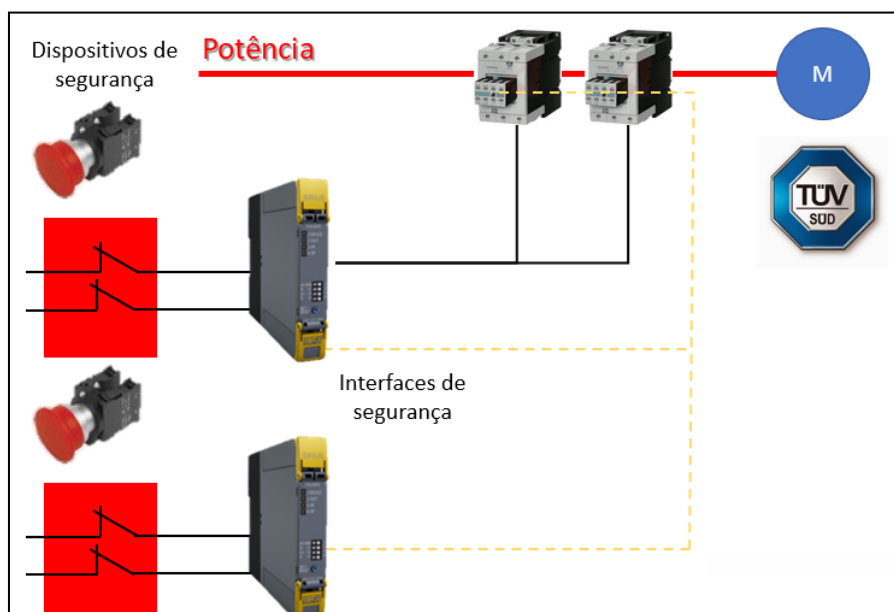
Para a definição da categoria 4, os sistemas de segurança devem ser planejados de forma que:

Falhas isoladas de qualquer parte do sistema não causem a perda da função de segurança, e;

A falha isolada é detectada antes ou durante a próxima atuação sobre a função de segurança, ao iniciar o comando ou ao fim do ciclo de máquina. O acúmulo de falhas não deve causar a perda da função de segurança (ABNT, NBR 14153, 1998, p. 12).

Na figura logo mais abaixo, temos um exemplo da aplicação da categoria 4. Nota-se que os dispositivos de segurança, no caso os botões de emergência, estão conectados de forma redundante, condição na qual cada um deles em separado possui um dispositivo de interface de monitoramento. Também como os contactores que têm sua parte de potência conectadas em série redundante contra defeito nos contatos de comutação, atendendo assim aos itens mencionados nos tópicos mais acima.

Figura 29 – Aplicação da Categoria 4, exemplo



Fonte: Automate Engenharia (2017).

2.5.6 Metodologia de estimativa de risco HRN

O método de estimativa de risco quantitativo e qualitativo, conhecido como Hazard Rating Number (HRN), é um eficiente método de classificação de riscos baseado em diversos parâmetros e fatores. Estes riscos podem ir desde aceitável até inaceitável. Este método originado no Reino Unido no ano de 1990 é o mais comum utilizado pelos profissionais de segurança na avaliação de níveis de perigo de um equipamento. Atráves da identificação de todos riscos e perigos encontrados utilizando a fórmula padrão abaixo:

$$HRN = LO * FE * DPH * NP \quad (1)$$

Em relação a fórmula, as variáveis em questão são:

- HRN: é o nível de risco quantificado;
- LO: é a probabilidade de ocorrência (likelihood of occurrence);
- FE: é a frequência de exposição (frequency of exposure);
- DPH: é o grau da possível lesão (degree of possible harm);
- NP: é o número de pessoas expostas ao risco (number of people).

Em relação à fórmula HRN, apresenta-se na tabela 2 as probabilidades de ocorrência de risco.

Tabela 2 – Probabilidade de ocorrência (LO)

Valor	Situação	Descrição
0,033	Impossível	Não pode acontecer em nenhuma circunstância
1	Muito improvável	Entretanto é concebível
1,5	Improvável	Mas pode ocorrer
2	Possível	Mas é incomum
5	Fortuito	Pode ocorrer
8	Provável	Não surpreende
10	Presumível	Esperado
15	Certamente	Sem dúvida

Fonte: o autor, adaptado do BRASIL MTE (2015).

Na primeira coluna são apresentados os valores, na segunda coluna a situação e na terceira a descrição. Agora, com a tabela 3, pode-se averiguar a frequência de exposição ao risco.

Tabela 3 – Frequência de exposição (FE)

Valor	Descrição
0,5	Anualmente
1	Mensalmente
1,5	Semanalmente
2,5	Diariamente
4	Em termos de hora
5	Constantemente

Fonte: Do autor, adaptado do BRASIL MTE (2015).

Na primeira coluna podemos perceber o valor da frequência de exposição ao risco e na segunda a descrição do valor. Em outro sentido, a tabela 4 abaixo apresenta o grau de possível lesão a partir da fórmula HRN.

Tabela 4 – Grau de possível lesão (DPH)

Valor	Descrição
0,1	Arranhão/contusão
0,5	Laceração/leve problemas de saúde
1	Quebra – ossos pequenos ou doença leve (temporário)
2	Quebra – ossos grandes ou doença leve (permanente)
4	Perda de 1 membro/olho ou doença grave (temporária)
8	Perda de 2 membros/olhos ou doença grave (permanente)
15	Fatalidade

Fonte: Do autor, adaptado do BRASIL MTE (2015).

Consegue-se, com a tabela 4, observar na primeira coluna o valor do grau de possível lesão e na segunda a descrição correspondente. Agora, em relação ao número de pessoas expostas ao risco, expõe-se a tabela 5.

Tabela 5 – Número de pessoas expostas ao risco (NP)

Valor	Descrição
1	1-2 Pessoas
2	3-7 Pessoas
4	8-15 Pessoas
8	16-50 Pessoas
12	Mais de 50 pessoas

Fonte: o autor, adaptado do BRASIL MTE (2015).

Na tabela 5, verifica-se na segunda coluna o número de pessoas expostas ao risco enquanto na primeira a descrição do valor. Após a aplicação dos valores selecionados das tabelas acima na fórmula 1, o produto dos parâmetros é o resultado HRN calculado, que pode ser comparado na tabela 6 abaixo, com a qual identifica-se o grau de risco para cada situação, e a ação recomendada para cada caso.

Tabela 6 – Grau de risco (HRN)

Valor	Risco	Descrição	Ação
0 – 5	Desprezível	Oferece um risco muito baixo para a segurança	Nenhuma ação requerida
+5 – 50	Baixo, porém significativo	Contém riscos necessários para a implementação de medidas de controle de segurança.	Melhoria recomendada
+50 – 500	Alto	Possíveis riscos, necessitam que sejam utilizadas medidas de controle de segurança urgentemente.	Necessária ação de melhoria
+500	Inaceitável	É inaceitável manter a operação do equipamento na situação que se encontra.	Necessária ação de melhoria

Fonte: Do autor , adaptado do BRASIL MTE (2015).

A tabela 6 mostra, na primeira coluna, o valor do grau de risco definido por meio da fórmula. Na segunda coluna, pode-se observar nível do risco envolvido. Na terceira coluna, identifica-se a descrição do risco e na quarta coluna observa-se a indicação da ação correspondente ao risco.

As ações recomendadas conforme o grau de risco conforme a tabela 6, são de acordo com o item 5.5.2.8 do Ministério do Trabalho e Emprego que destaca:

- Risco baixo, porém significativo: não são requeridas melhorias de controle significativas, mas é recomendável o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), a aplicação de procedimento acompanhado de treinamento.
- Risco Alto: medidas de controle adicionais devem ser implementadas ao sistema instalado na máquina, em um prazo recomendado de 6 meses.
- Risco Inaceitável: deve-se cessar a operação de trabalho da máquina ou equipamento até que medidas de controle tenham sido adotadas (BRASIL MTE, 2015, p. 62).

Este método deve ser aplicado na máquina antes da adequação prática à NR12 formulando o documento chamado de Apreciação Preliminar de Risco (APR). Após a adequação, aplica-se novamente o método porém com uma perspectiva de avaliação do resultado da redução dos riscos, formulando o documento de Avaliação Final de Risco. Desse modo, pode-se comparar valores de cada risco entre o antes e o depois.

Também é possível verificar se a aplicação da redução de risco foi correta. Assim, finalizando o processo de análise com avaliação final, forma-se a Avaliação de Risco (AR) (BRASIL MTE, 2015).

2.6 Principais itens para adequação à NR12

Para se efetuar uma adequação à NR12, deve-se atender todos os requisitos da norma, inclusive seus anexos que definem regras para equipamentos e situações específicas. Abaixo estão os itens mais relevantes que se aplicam à maioria dos equipamentos.

2.6.1 Medidas de proteção

Conforem a norma, temos três (3) principais medidas de proteção com ordem de prioridade, respectivamente: as medidas coletivas que se tratam dos equipamentos de proteção coletiva (EPCs) e das proteções mecânicas fixas e móveis intertravadas e dispositivos de segurança instalados na máquina que protegem qualquer pessoa que for opera-la; medidas administrativas relacionadas aos treinamentos, manuais e procedimentos de operação e manutenção; e, as medidas de proteção individuais que se tratam principalmente dos equipamentos de proteção individual (EPIs). Conforme item 12.1.8 da NR12 (2019, p. 3), destaca-se que:

- 12.1.8 São consideradas medidas de proteção, a ser adotadas nessa ordem de prioridade:
- a) medidas de proteção coletiva;
 - b) medidas administrativas ou de organização do trabalho; e
 - c) medidas de proteção individual.

2.6.2 Instalação e dispositivos elétricos

As instalações e dispositivos elétricos devem estar instalados de modo a prevenir os perigos de choque elétrico entre outros, conforme item 12.3.1 e 12.3.8 da NR12 que destaca:

- 12.3.1 Os circuitos elétricos de comando e potência das máquinas e equipamentos devem ser projetados e mantidos de modo a prevenir, por meios seguros, os perigos de choque elétrico, incêndio, explosão e outros tipos de acidentes, conforme previsto nas normas técnicas oficiais e, na falta dessas, nas normas internacionais
- 12.3.8 São proibidas nas máquinas e equipamentos:
- a) a utilização de chave geral como dispositivo de partida e parada;
 - b) a utilização de chaves tipo faca nos circuitos elétricos; e

c) a existência de partes energizadas expostas de circuitos que utilizam energia elétrica (2019, p. 6-7).

A norma também expõe sobre a proteção dos condutores elétricos que devem estar protegidos e sobre a qualidade do material que deve ser anti-chama, conforme item 12.3.4 da NR12 que destaca:

12.3.4 Os condutores de alimentação elétrica das máquinas e equipamentos devem atender aos seguintes requisitos mínimos de segurança:

- a) oferecer resistência mecânica compatível com a sua utilização;
- b) possuir proteção contra a possibilidade de rompimento mecânico, de contatos abrasivos e de contato com lubrificantes, combustíveis e calor;
- c) localização de forma que nenhum segmento fique em contato com as partes móveis ou cantos vivos;
- d) não dificultar o trânsito de pessoas e materiais ou a operação das máquinas;
- e) não oferecer quaisquer outros tipos de riscos na sua localização; e
- f) ser constituídos de materiais que não propaguem o fogo (2019, p. 6).

Sobre o aterramento do equipamento, painéis elétricos, motores e dispositivos elétricos, a norma indica que devem ser aterrados, de maneira que a medição e evidência se dê através de um documento denominado Laudo de Aterramento, conforme item 12.3.2 da NR12 que destaca:

12.3.2 Os circuitos elétricos de comando e potência das máquinas e equipamentos devem ser projetados e mantidos de modo a prevenir, por meios seguros, os perigos de choque elétrico, incêndio, explosão e outros tipos de acidentes, conforme previsto nas normas técnicas oficiais e, na falta dessas, nas normas internacionais (2019, p. 6).

Em relação aos painéis elétricos, a norma indica que estes devem estar fechados com fechadura com chave permitindo somente acesso de pessoas autorizadas, possuir sinalizador de painel energizado e placas de sinalização quanto ao risco de choque elétrico, conforme item 12.3.5 da NR12 que destaca:

12.3.5 Os quadros ou painéis de comando e potência das máquinas e equipamentos devem atender aos seguintes requisitos mínimos de segurança:

- a) possuir porta de acesso mantida permanentemente fechada, exceto nas situações de manutenção, pesquisa de defeitos e outras intervenções, devendo ser observadas as condições previstas nas normas técnicas oficiais ou nas normas internacionais aplicáveis;
- b) possuir sinalização quanto ao perigo de choque elétrico e restrição de acesso por pessoas não autorizadas;
- c) ser mantidos em bom estado de conservação, limpos e livres de objetos e ferramentas;
- d) possuir proteção e identificação dos circuitos; (2019, p. 6).

2.6.3 Dispositivos de partida e parada

Este item se refere aos sistemas de partida, botoeiras de início de ciclo, acionamento de motores entre outros, quanto ao sua forma de funcionamento seguro que deve impedir o funcionamento automático do equipamento ao ser energizado (como exige a NR12 no item 12.4.2), e sua localização de fácil acesso que é definida conforme item 12.4.1 da NR12 que destaca:

12.4.1 Os dispositivos de partida, acionamento e parada das máquinas devem ser projetados, selecionados e instalados de modo que:

- a) não se localizem em suas zonas perigosas;
- b) possam ser acionados ou desligados em caso de emergência por outra pessoa que não seja o operador;
- c) impeçam acionamento ou desligamento involuntário pelo operador ou por qualquer outra forma acidental;
- d) não acarretem riscos adicionais; e
- e) dificulte-se a burla (2019, p. 7).

Quanto a exigência dos dispositivos elétricos operarem com comando em extra baixa tensão, usualmente 24Vcc na indústria, é definida conforme item 12.4.13 da NR12 que destaca:

12.4.13 Os componentes de partida, parada, acionamento e controles que compõem a interface de operação das máquinas e equipamentos fabricados a partir de 24 de março de 2012 devem:

- a) possibilitar a instalação e funcionamento do sistema de parada de emergência, quando aplicável, conforme itens e subitens do capítulo sobre dispositivos de parada de emergência, desta NR; e
- b) operar em extrabaixa tensão de até 25VCA (vinte e cinco volts em corrente alternada) ou de até 60VCC (sessenta volts em corrente contínua).

Se indicada pela apreciação de riscos a necessidade de redundância dos dispositivos responsáveis pela prevenção de partida inesperada ou pela função de parada relacionada à segurança, conforme a categoria de segurança requerida, o circuito elétrico da chave de partida de motores de máquinas e equipamentos deve:

- a) possuir estrutura redundante;
- b) permitir que as falhas que comprometem a função de segurança sejam monitoradas; e
- c) ser adequadamente dimensionado de acordo com o estabelecido pelas normas técnicas oficiais ou pelas normas internacionais aplicáveis (2019, p. 10).

Quanto ao sistema de parada de motores, este pode ser realizado de forma controlada, desde que não haja riscos relacionados devido à forma de parada não ser instantânea NR12 (2019). Referente a chave geral do equipamento que deve possuir sistema de bloqueio, sinalização e tagueamento, impossibilitando sua reenergização por pessoas não autorizadas, é definida conforme item 12.11.13 da NR12 que destaca:

12.11.13 A manutenção, inspeção, reparos, limpeza, ajuste e outras intervenções que se fizerem necessárias devem ser executadas por profissionais capacitados, qualificados ou legalmente habilitados, formalmente autorizados pelo empregador, com as máquinas e equipamentos parados e adoção dos seguintes procedimentos:

- a) isolamento e descarga de todas as fontes de energia das máquinas e equipamentos, de modo visível ou facilmente identificável por meio dos dispositivos de comando;
- b) bloqueio mecânico e elétrico na posição “desligado” ou “fechado” de todos os dispositivos de corte de fontes de energia, a fim de impedir a reenergização, e sinalização com cartão ou etiqueta de bloqueio contendo o horário e a data do bloqueio, o motivo da manutenção e o nome do responsável;
- c) medidas que garantam que à jusante dos pontos de corte de energia não exista possibilidade de gerar risco de acidentes;
- d) medidas adicionais de segurança, quando for realizada manutenção, inspeção e reparos de máquinas ou equipamentos sustentadas somente por sistemas hidráulicos e pneumáticos; e
- e) sistemas de retenção com trava mecânica, para evitar o movimento de retorno acidental de partes basculadas ou articuladas abertas das máquinas e equipamentos (2019, p. 20).

2.6.4 Sistemas de segurança

Os sistemas de segurança representam uma das partes mais importantes de uma adequação à NR12, e devem efetuar a sua função conforme item 12.5.2 da NR12 que destaca:

12.5.2 Os sistemas de segurança devem ser selecionados e instalados de modo a atender aos seguintes requisitos:

- a) ter categoria de segurança conforme apreciação de riscos prevista nas normas técnicas oficiais;
- b) estar sob a responsabilidade técnica de profissional legalmente habilitado;
- c) possuir conformidade técnica com o sistema de comando a que são integrados;
- d) instalação de modo que dificulte a sua burla;
- e) manterem-se sob vigilância automática, ou seja, monitoramento, se indicado pela apreciação de risco, de acordo com a categoria de segurança requerida, exceto para dispositivos de segurança exclusivamente mecânicos; e
- f) paralisação dos movimentos perigosos e demais riscos quando ocorrerem falhas ou situações anormais de trabalho (2019, p. 11).

Referente a necessidade de sistemas de segurança redundantes quando definido pela APR, há determinação conforme item 12.4.14 da NR12 que destaca:

12.4.14 Se indicada pela apreciação de riscos a necessidade de redundância dos dispositivos responsáveis pela prevenção de partida inesperada ou pela função de parada relacionada à segurança, conforme a categoria de segurança requerida, o circuito elétrico da chave de partida de motores de máquinas e equipamentos deve:

- a) possuir estrutura redundante;
- b) permitir que as falhas que comprometem a função de segurança sejam monitoradas; e

c) ser adequadamente dimensionado de acordo com o estabelecido pelas normas técnicas oficiais ou pelas normas internacionais aplicáveis (2019, p. 10).

Os equipamentos devem possuir um ou mais dispositivos de emergência, que no caso de botões ao serem acionados devem resultar na retenção do atuador e ser desacionado manualmente por uma ação apropriada. Conforme item 12.6.3 da NR12 que destaca:

12.6.3 Os dispositivos de parada de emergência devem:

- a) ser selecionados, montados e interconectados de forma a suportar as condições de operação previstas, bem como as influências do meio;
- b) ser usados como medida auxiliar, não podendo ser alternativa a medidas adequadas de proteção ou a sistemas automáticos de segurança;
- c) possuir acionadores projetados para fácil atuação do operador ou outros que possam necessitar da sua utilização;
- d) prevalecer sobre todos os outros comandos;
- e) provocar a parada da operação ou processo perigoso em período de tempo tão reduzido quanto tecnicamente possível, sem provocar riscos suplementares; e
- f) ter sua função disponível e operacional a qualquer tempo, independentemente do modo de operação (2019, p. 14).

Quando exigido na APR, o sistema de rearme de segurança deve ter na sua parada de segurança rearme a ser efetuado de forma manual após a correção da causa que gerou esta mesma parada, conforme item 12.5.3 da NR12. Os botões de rearme devem estar localizados de forma a possibilitar a visualização de toda área protegida pelo dispositivo de segurança acionado. O rearme do sistema de segurança só pode ocorrer após a verificação da condição segura e a ausência de falhas em qualquer um dos pontos do sistema, conforme item 12.5.3.1 da NR12 que destaca “Depois que um comando de parada tiver sido iniciado pelo sistema de segurança, a condição de parada deve ser mantida até que existam condições seguras para o rearme” (2019, p. 11).

2.6.5 Dispositivos de parada de emergência

Os equipamentos devem possuir um ou mais dispositivos de parada de emergência e devem estar situados em locais de fácil acesso e visualização próximo as áreas de operação, conforme itens 12.6.1 e 12.6.2 da NR12. No caso de serem botões, o item 12.6.5 da NR12 destaca que

12.6.5 O acionamento do dispositivo de parada de emergência deve também resultar na retenção do acionador, de tal forma que, quando a ação no acionador for descontinuada, este se mantenha retido até que seja desacionado (2019, p. 15).

O item 12.6.1.1 da NR12 ressalta que os dispositivos de emergência não devem ser usados como dispositivos de partida. E, referente ao botão de rearme, o item 12.6.8 da NR12 destaca “12.6.8 A parada de emergência deve exigir rearme ou reset manual a ser realizado somente após a correção do evento que motivou o acionamento da parada de emergência” (2019, p. 15).

2.6.6 Proteções mecânicas fixas e móveis intertravadas

As proteções mecânicas fixas e móveis intertravadas são definidas pelos itens 12.5.6 e 12.5.7 da NR12 que destacam:

12.5.6 A proteção deve ser móvel quando o acesso a uma zona de perigo for requerido mais de uma vez por turno de trabalho, observando-se que:

- a) a proteção deve ser associada a um dispositivo de intertravamento quando sua abertura não possibilitar o acesso à zona de perigo antes da eliminação do risco; e
- b) a proteção deve ser associada a um dispositivo de intertravamento com bloqueio quando sua abertura possibilitar o acesso à zona de perigo antes da eliminação do risco.

12.5.7 As máquinas e equipamentos dotados de proteções móveis associadas a dispositivos de intertravamento devem:

- a) operar somente quando as proteções estiverem fechadas;
- b) paralisar suas funções perigosas quando as proteções forem abertas durante a operação; e
- c) garantir que o fechamento das proteções por si só não possa dar início às funções perigosas (2019, p. 11-12).

Os dispositivos de intertravamento das proteções mais utilizados, como vimos no capítulo 2.2.6 deste trabalho são de três (3) tipos: chaves magnéticas de segurança, chaves RFID e chaves de segurança com trava. Sendo que esta última necessita de um botão de liberação da trava para abertura da proteção móvel. Esta proteção só é destravada após a máquina estar em estado de parada segura, definidas pelo anexo IV da NR12 que destaca:

Dispositivo de intertravamento: dispositivo associado a uma proteção, cujo propósito é prevenir o funcionamento de funções perigosas da máquina sob condições específicas (geralmente enquanto a proteção não está fechada), com atuação mecânica (com contato físico), como os dispositivos mecânicos de intertravamento, ou sem atuação mecânica (sem contato físico), como os dispositivos de intertravamento indutivos, magnéticos, capacitivos, ultrassônicos, óticos, e por rádio frequência. Podem ou não ser codificados, a depender da aplicação, e sua instalação deve dificultar a burla por meios simples, como chaves de fenda, pregos, arames, fitas, imãs comuns, objetos metálicos etc.

Intertravamento com bloqueio: proteção associada a um dispositivo de intertravamento com dispositivo de bloqueio, de tal forma que:

As funções perigosas cobertas pela proteção não possam operar enquanto a máquina não estiver fechada e bloqueada;

A proteção permanece bloqueada na posição fechada até que tenha desaparecido o risco de acidente devido às funções perigosas da máquina; e Quando a proteção estiver bloqueada na posição fechada, as funções perigosas da máquina possam operar, mas o fechamento e o bloqueio da proteção não iniciem por si próprios a operação dessas funções. Geralmente apresenta-se sob a forma de dispositivo mecânico de intertravamento de duas partes: corpo e atuador – lingueta (2019, p. 47-53, grifos nosso).

As proteções mecânicas fixas e móveis intertravadas, que devem restringir o acesso do corpo ou parte dele nas zonas de perigo respeitando as distâncias de segurança conforme as normas vigentes, são definidas pelo item 12.5.1 e 12.5.4 da NR12 que destaca:

12.5.1 As zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança interligados, que resguardem proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores.

12.5.4 Para fins de aplicação desta NR, considera-se proteção o elemento especificamente utilizado para prover segurança por meio de barreira física, podendo ser:

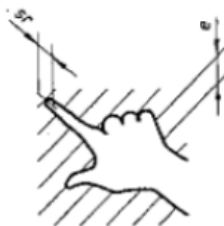
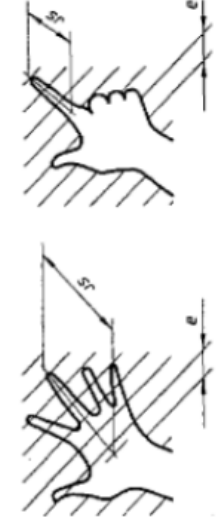
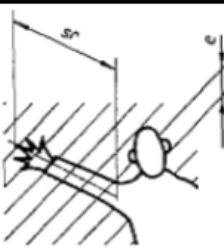
- a) proteção fixa, que deve ser mantida em sua posição de maneira permanente ou por meio de elementos de fixação que só permitam sua remoção ou abertura com o uso de ferramentas;
- b) proteção móvel, que pode ser aberta sem o uso de ferramentas, geralmente ligada por elementos mecânicos à estrutura da máquina ou a um elemento fixo próximo, e deve se associar a dispositivos de intertravamento (2019, p. 10-11).

As proteções mecânicas fixas nas transmissões e nos mancais expostos são referenciados no item 12.5.9 da NR12 que destaca:

12.5.9 As transmissões de força e os componentes móveis a elas interligados, acessíveis ou expostos, desde que ofereçam risco, devem possuir proteções fixas, ou móveis com dispositivos de intertravamento, que impeçam o acesso por todos os lados (2019, p. 12).

As distâncias e alturas mínimas de segurança para instalação das proteções mecânicas fixas e móveis e tamanho das aberturas, para membros inferiores são definidas pela norma ABNT, NBR NM-ISO 13853, e para membros superiores são definidas pela ABNT, NBR NM-ISO 13852, caso as distâncias tenham que ser definidas para membros inferiores e superiores a norma para membros superiores deve ser utilizada. Segue abaixo a Figura 30 com as distâncias mínimas de segurança, as quais são basedas no tipo de membro a ser protegido. Conforme o tamanho e tipo da abertura, há uma distância diferente em que a proteção deve ser instalada considerando milímetros como medida, de acordo com a ABNT, NBR NM-ISO 13852 (2003).

Figura 30 – Distâncias de segurança.

Parte do corpo	Ilustração	Abertura	Distância de segurança s_r		
			fenda	quadrado	circular
Ponta do dedo		$e \leq 4$	≥ 2	≥ 2	≥ 2
		$4 < e \leq 6$	≥ 10	≥ 5	≥ 5
Dedo até articulação com a mão		$6 < e \leq 8$	≥ 20	≥ 15	≥ 5
		$8 < e \leq 10$	≥ 80	≥ 25	≥ 20
		$10 < e \leq 12$	≥ 100	≥ 80	≥ 80
		$12 < e \leq 20$	≥ 120	≥ 120	≥ 120
		$20 < e \leq 30$	$\geq 850^{1)}$	≥ 120	≥ 120
Braço até junção com o ombro		$30 < e \leq 40$	≥ 850	≥ 200	≥ 120
		$40 < e \leq 120$	≥ 850	≥ 850	≥ 850
1) Se o comprimento da abertura em forma de fenda é ≤ 65 mm, o polegar atuará como um limitador e a distância de segurança poderá ser reduzida para 200 mm.					

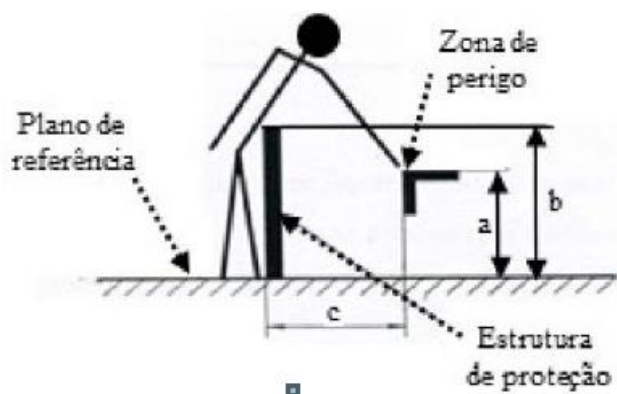
Fonte: ABNT, NBR NM-ISO 13852 (2003).

A primeira coluna da figura apresenta a parte do corpo à qual a norma se refere. A segunda coluna ilustra a imagem do membro correlacionada. A terceira coluna demonstra o tamanho da abertura, e a última coluna a distância que deve ser instalada a proteção.

Referente a altura das proteções mecânicas fixas e móveis intertravadas (b), pode-se ver na Figura 31 uma ilustração que determina a forma de dimensionamento

desta proteção. A proteção é relacionada com a distância horizontal da zona de perigo (c) e com a altura da zona de perigo (b).

Figura 31 – Forma para determinar o alcance sobre as proteções fixas e móveis



Legenda:

a: altura da zona de perigo

b: altura da estrutura de proteção

c: distância horizontal à zona de perigo

Fonte: ABNT NBR NM-ISO 13852 (2003).

Observa-se na imagem acima que há um Plano de referência, o piso. À frente do operador ilustrado há uma Estrutura de Proteção que afasta o corpo de uma Zona de perigo. Nesse sentido, são indicadas três (3) distâncias a serem consideradas: a = altura da zona de perigo; b = altura da estrutura de proteção; e, c = distância horizontal à zona de perigo. Agora, para determinar a altura mínima da estrutura de proteção NR12 (2018) visualizamos a Figura 32.

Figura 32 – Tabela de distâncias mínimas para as zonas de risco

Altura da zona de perigo a	Altura da estrutura de proteção b ¹⁾									
	1000	1200	1400 ²⁾	1600	1800	2000	2200	2400	2500	2700
Distância horizontal à zona de perigo “c”										
2700 ³⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2600	900	800	700	600	600	500	400	300	100	-
2400	1100	1100	900	800	700	600	400	300	100	-
2200	1300	1200	1000	900	800	600	400	300	-	-
2000	1400	1300	1100	900	800	600	400	-	-	-
1800	1500	1400	1100	900	800	600	-	-	-	-
1600	1500	1400	1100	900	800	500	-	-	-	-
1400	1500	1400	1100	900	800	-	-	-	-	-
1200	1500	1400	1100	900	700	-	-	-	-	-
1000	1500	1400	1100	800	-	-	-	-	-	-
800	1500	1300	900	600	-	-	-	-	-	-
600	1400	1300	800	-	-	-	-	-	-	-
400	1400	1200	400	-	-	-	-	-	-	-
200	1200	900	-	-	-	-	-	-	-	-
0	1100	500	-	-	-	-	-	-	-	-

¹⁾ Estruturas de proteção com altura inferior que 1000 mm (mil milímetros) não estão incluídas por não restringirem suficientemente o acesso do corpo.

²⁾ Estruturas de proteção com altura menor que 1400 mm (mil e quatrocentos milímetros), não devem ser usadas sem medidas adicionais de segurança.

³⁾ Para zonas de perigo com altura superior a 2700 mm (dois mil e setecentos milímetros) ver figura 2. Não devem ser feitas interpolações dos valores desse quadro; conseqüentemente, quando os valores conhecidos de “a”, “b” ou “c” estiverem entre dois valores do quadro, os valores a serem utilizados serão os que propiciarem maior segurança

Fonte: ABNT, NBR NM-ISO 13852 (2003).

Observa-se na imagem acima a especificação da altura da zona de perigo a em relação à altura da estrutura de proteção b que resulta na distância horizontal à zona de perigo c.

2.6.7 Meios de acesso

A norma NR12 possui um anexo específico que trata dos meios de acesso permanentes em máquinas e equipamentos e ressalta a necessidade da instalação de plataformas:

3. Os locais ou postos de trabalho acima do piso em que haja acesso de trabalhadores, para operação ou quaisquer outras intervenções habituais nas máquinas e equipamentos, como abastecimento, preparação, ajuste, inspeção, limpeza e manutenção, devem possuir plataformas de trabalho estáveis e seguras (2019, p. 33).

A norma também ressalta que os meios de acesso devem possuir proteções contra queda com características específicas, definidas pelos itens 5 e 7 do anexo III da NR12 que destaca:

5. As passarelas, plataformas, rampas e escadas de degraus devem propiciar condições seguras de trabalho, circulação, movimentação e manuseio de materiais e:

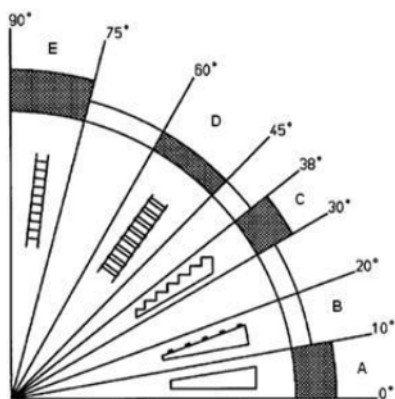
- a) ser dimensionadas, construídas e fixadas de modo seguro e resistente, de forma a suportar os esforços solicitantes e movimentação segura do trabalhador;
- b) ter pisos e degraus constituídos de materiais ou revestimentos antiderrapantes;
- c) ser mantidas desobstruídas;
- d) ser localizadas e instaladas de modo a prevenir riscos de queda, escorregamento, tropeçamento e dispêndio excessivo de esforços físicos pelos trabalhadores ao utilizá-las.

7. Os meios de acesso das máquinas e equipamentos devem possuir sistema de proteção contra quedas com as seguintes características:

- a) ser dimensionados, construídos e fixados de modo seguro e resistente, de forma a suportar os esforços solicitantes;
- b) ser constituídos de material resistente a intempéries e corrosão;
- c) possuir travessão superior instalado de 1,10 m (um metro e dez centímetros) a 1,20 m (um metro e vinte centímetros) de altura em relação ao piso ao longo de toda a extensão, em ambos os lados;
- d) o travessão superior não deve possuir superfície plana, a fim de evitar a colocação de objetos; e
- e) possuir rodapé de, no mínimo, 0,20 m (vinte centímetros) de altura e travessão intermediário a 0,70 m (setenta centímetros) de altura em relação ao piso, localizado entre o rodapé e o travessão superior (2019, p. 34).

Sobre as plataformas utilizadas para abastecimento, a norma determina a instalação de corrimão com três (3) partes compostas por barras de rodapé, intermediária e superior com dimensões específicas, conforme item 9 do anexo III da NR12 (2019). Os meios de acesso são normatizados pela ISO 14122-3:2016 - Segurança de Máquinas e Meios de acesso permanentes, e são estabelecidos conforme a inclinação ou ângulo do lance, como mostra o item 2 do anexo III da NR12 (2019) ilustrado na Figura 33 abaixo:

Figura 33 – Escolha dos meios de acesso conforme inclinação



Legenda:

A: rampa.

B: rampa com peças transversais para evitar o escorregamento.

C: escada com espelho.

D: escada sem espelho.

E: escada do tipo marinheiro.

Fonte: NR12 (2019).

Verifica-se na imagem acima um ângulo de noventa graus (90°) em relação à....
que determina o equipamento...

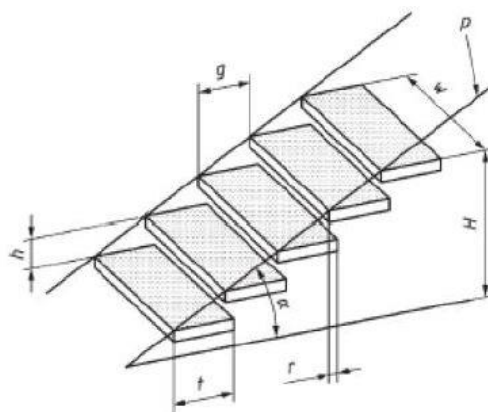
Referente as escadas de degraus sem espelho que devem ser utilizadas quando existem inclinações de ângulo de lance de 20° a 45° graus e escadas de degraus com espelho utilizadas quando existem inclinações de ângulo de lance de 45° a 75° graus, conforme pode ser visto na Figura 33 acima, a norma especifica suas características nos itens 11 e 12 do anexo III da NR12 que destaca:

11. As escadas de degraus sem espelho devem ter:
 - a) largura útil mínima de 0,60 m (sessenta centímetros);
 - b) degraus com profundidade mínima de 0,15 m (quinze centímetros);
 - c) degraus e lances uniformes, nivelados e sem saliências;
 - d) altura máxima entre os degraus de 0,25 m (vinte e cinco centímetros);
 - e) plataforma de descanso com largura útil mínima de 0,60 m (sessenta centímetros) e comprimento a intervalos de, no máximo, 3,00 m (três metros) de altura;
 - f) projeção de um degrau, "r", sobre o outro deve ser maior ou igual a 0 m (zero metro);
 - g) degraus com profundidade livre, "g", que atendam à fórmula: $600 \leq g + 2h \leq 660$ (dimensões em milímetros), conforme Figura 4.
12. As escadas de degraus com espelho devem ter:
 - a) largura útil mínima de 0,60 m (sessenta centímetros);
 - b) degraus com profundidade mínima de 0,20 m (vinte centímetros);
 - c) degraus e lances uniformes, nivelados e sem saliências;

- d) altura entre os degraus de 0,20 m (vinte centímetros) a 0,25 m (vinte e cinco centímetros);
 e) plataforma de descanso com largura útil mínima de 0,60 m (sessenta centímetros) e comprimento a intervalos de, no máximo, 3,00 m (três metros) de altura (2019, p. 37-38).

Segue abaixo uma figura que representa uma escada sem espelho.

Figura 34 – Figura 4 do Anexo III, exemplo de escada sem espelho



Legenda

H altura da escada

g profundidade livre do degrau

p linha de passo

h altura entre degraus

α ângulo de inclinação

w largura da escada

r projeção entre degraus

t profundidade total do degrau

Fonte: NR12 (2019).

Percebe-se que uma escada com espelho deve ser instalada considerando inicialmente as variáveis: H = altura da escada; g = profundidade livre do degrau; p = linha de passo; e, h = altura entre degraus. Com as variáveis determinadas, obtêm-se um α = ângulo de inclinação; w = largura da escada; r = projeção entre degraus; e, t = profundidade total do degrau.

2.6.8 Componentes pressurizados

Os principais componentes pressurizados podem ser pneumáticos (gases pressurizados) ou hidráulicos (líquidos pressurizados), e ainda, uma combinação destes. O item 12.7.2 da NR12 explica que as mangueiras, tubulações e componentes pressurizados devem estar protegidos para evitar acidentes em caso de ruptura. Segundo o item 12.7.3 da NR12, as mangueiras pressurizadas devem possuir indicação de pressão máxima admissível conforme especificação do fabricante. Sobre o uso de válvulas progressivas de escape rápido, reguladores e limitadores de

pressão, e válvulas de retenção, as características exigidas para sistema pneumático são definidas nos itens 12.7.4 e 12.7.5 da NR12 que destaca:

12.7.4 Os sistemas pressurizados das máquinas devem possuir meios ou dispositivos destinados a garantir que:

- a) a pressão máxima de trabalho admissível nos circuitos não possa ser excedida; e
- b) quedas de pressão progressivas ou bruscas e perdas de vácuo não possam gerar perigo.

12.7.5 Quando as fontes de energia da máquina forem isoladas, a pressão residual dos reservatórios e de depósitos similares, como os acumuladores hidropneumáticos, não pode gerar risco de acidentes (2019, p. 16).

Os dispositivos hidráulicos e pneumáticos devem possuir algum sistema de segurança, conforme definido no item 5.2 do Anexo VIII da NR12 que destaca:

5.2 Os dispositivos hidráulicos e/ou pneumáticos devem possuir um dos seguintes sistemas de segurança nas zonas de perigo, exceto se atenderem o subitem 12.7.8 e seus subitens, desta NR:

- a) enclausuramento da zona de perigo, com frestas ou passagens que não permitam o ingresso dos dedos e mãos, conforme subitem 12.5.1.1 desta NR, constituído de proteções fixas, conforme item 12.5 - Sistemas de Segurança e seus subitens; ou
- b) enclausuramento da zona de perigo, com frestas ou passagens que não permitam o ingresso dos dedos e mãos, conforme subitem 12.5.1.1 desta NR, constituído de proteções fixas e proteções móveis dotadas de intertravamento, conforme item 12.5 - Sistemas de Segurança e seus subitens (2019, p. 89).

Os dispositivos pneumáticos de segurança devem ter as seguintes características de funcionamento, conforme definido no item 5.5 do Anexo VIII da NR12 que destaca:

5.5 Quando utilizadas proteções móveis ou sensores de segurança previstos nas alíneas “b” e “c” do subitem 5.2 deste Anexo, conforme indicado pela apreciação de risco e em função da categoria de segurança requerida, os dispositivos pneumáticos devem atender as seguintes concepções:

- a) válvula pneumática de segurança dinamicamente monitorada, classificada como categoria 4, com bloqueio em caso de falha, sendo que a comutação incompleta de uma das válvulas, ou a pressão residual originada devido a falha na comutação ou vedações danificadas, não devem comprometer a segurança do sistema;
- b) válvula pneumática de segurança monitorada classificada como categoria 3, ou circuito pneumático equivalente, sendo que a comutação incompleta de uma das válvulas, ou a pressão residual originada devido a falha na comutação ou vedações danificadas, não devem comprometer a segurança do sistema;
- c) uma válvula pneumática monitorada ou uma válvula pneumática convencional com verificação de funcionamento periódico, para categoria 2 (2019, p. 90).

2.6.9 Detectores de presença optoeletrônicos AOPD

Os detectores optoeletrônicos (AOPD) mais utilizados são os tipo cortina de luz. Para seu dimensionamento é necessário realizar o cálculo de distância mínima definido pelo anexo I da NR12 que destaca:

A) Cálculo das distâncias mínimas de segurança para instalação de detectores de presença optoeletrônicos - ESPE usando cortina de luz - AOPD.

1. A distância mínima na qual ESPE usando cortina de luz - AOPD deve ser posicionada em relação à zona de perigo, observará o cálculo de acordo com a norma ISO 13855. Para uma aproximação perpendicular à distância pode ser calculada de acordo com a fórmula geral apresentada na seção 5 da ISO 13855, a saber:

$$S = (K \times T) + C$$

Onde:

S: é a mínima distância em milímetros, da zona de perigo até o ponto, linha ou plano de detecção;

K: é um parâmetro em milímetros por segundo, derivado dos dados de velocidade de aproximação do corpo ou partes do corpo;

T: é a performance de parada de todo o sistema - tempo de resposta total em segundos;

C: é a distância adicional em milímetros, baseada na intrusão contra a zona de perigo antes da atuação do dispositivo de proteção.

1.1. A fim de determinar K, uma velocidade de aproximação de 1600 mm/s (mil e seiscentos milímetros por segundo) deve ser usada para cortinas de luz dispostas horizontalmente. Para cortinas dispostas verticalmente, deve ser usada uma velocidade de aproximação de 2000 mm/s (dois mil milímetros por segundo) se a distância mínima for igual ou menor que 500 mm (quinhentos milímetros). Uma velocidade de aproximação de 1600 mm/s (mil e seiscentos milímetros por segundo) pode ser usada se a distância mínima for maior que 500 mm (quinhentos milímetros).

1.2. As cortinas devem ser instaladas de forma que sua área de detecção cubra o acesso à zona de risco, com o cuidado de não se oferecer espaços de zona morta, ou seja, espaço entre a cortina e o corpo da máquina onde pode permanecer um trabalhador sem ser detectado (2019, p. 30).

2.6.10 Transportadores de materiais

Os sistemas de transporte de materias geralmente feitos através de esteiras devem possuir proteções em seus mancais e eixos, nas extremidades e durante o percurso, conforme definido pelo item 12.8.1 da NR12 que destaca “12.8.1 Os movimentos perigosos dos transportadores contínuos de materiais, acessíveis durante a operação normal, devem ser protegidos, especialmente nos pontos de esmagamento, agarramento e aprisionamento” (2019, p. 17).

Sobre a obrigatoriedade da instalação de dispositivos de parada emergência em todo percurso que estiver acessível, definido pelo item 12.8.7 da NR12 (2019, p. 18) que destaca “12.8.7 Os transportadores contínuos acessíveis aos trabalhadores

devem dispor, ao longo de sua extensão, de dispositivos de parada de emergência, de modo que possam ser acionados em todas as posições de trabalho” (2019, p. 18).

2.6.11 Sinalização

A instalação dos sistemas de sinalização é uma exigência da segurança de máquinas e equipamentos, e deve ser feita em locais específicos, conforme definido pelos item 12.12.1 e 12.12.2 da NR12 que destaca:

12.12.1 As máquinas e equipamentos, bem como as instalações em que se encontram, devem possuir sinalização de segurança para advertir os trabalhadores e terceiros

sobre os riscos a que estão expostos, as instruções de operação e manutenção e outras informações necessárias para garantir a integridade física e a saúde dos trabalhadores.

12.12.2 A sinalização de segurança deve:

- a) ficar destacada na máquina ou equipamento;
- b) ficar em localização claramente visível; e
- c) ser de fácil compreensão (2019, p. 21-22).

A forma de linguagem com que esta sinalização deve ser escrita e apresentada são definidas pelo item 12.12.4 da NR12 que destaca:

12.12.4 As inscrições das máquinas e equipamentos devem:

- a) ser escritas na língua portuguesa (Brasil); e
- b) ser legíveis.

12.12.4.1 As inscrições devem indicar claramente o risco e a parte da máquina ou equipamento a que se referem, e não deve ser utilizada somente a inscrição de “perigo” (2019, p. 22).

Referente a sinalização com sinais luminosos e sonoros, que são geralmente utilizados em equipamentos de grande porte, cujo estado deve estar visível a todos operadores situados em qualquer ponto em relação a máquina, os itens 12.12.6 e 12.12.8 da NR12 destacam:

12.12.6 Devem ser adotados, sempre que necessário, sinais ativos de aviso ou de alerta, tais como sinais luminosos e sonoros intermitentes, que indiquem a iminência ou a ocorrência de um evento perigoso, como a partida, a parada ou a velocidade excessiva de uma máquina ou equipamento, de modo que:

- a) não sejam ambíguos; e
- b) possam ser inequivocamente reconhecidos pelos trabalhadores.

12.12.8 Para advertir os trabalhadores sobre os possíveis perigos, devem ser instalados dispositivos indicadores, se necessária a leitura qualitativa ou quantitativa para o controle de segurança (2019, p. 22-23).

2.7 Eficiência nas plantas de manufatura e a NR12

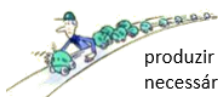
A produtividade nas plantas de manufatura é foco de melhoria contínua nas empresas de ponta, pois isto está ligado diretamente com a eficiência, qualidade e segurança do produto. Os métodos e ferramentas utilizados na gestão de produção são inúmeros. De modo prático, quanto mais específico é o resultado desejado, mais ferramentas são utilizadas em conjunto, desde o método prático, com o qual se cronometra o tempo de ciclo de produção de um produto até a utilização de ferramentas de gestão avançadas (GROVER, 2011).

As adequações da NR12 são vistas pelas empresas como 'um custo que não traz retorno'. Porém, as adequações não podem ser evitadas, pois seu não cumprimento é passível de multa pelo MTE, além de terem seus trabalhadores sujeitos a acidentes. Muitas vezes, a adequação à NR12 pode causar alterações no modo de operação da planta, principalmente devido a instalação de proteções mecânicas intertravadas e distâncias de segurança. Estas alterações podem impactar nos tempos de ciclo e na eficiência do equipamento (MORAES, 2013). Podemos ver na figura abaixo que entre as maiores perdas nos processos está a espera nos processos e operação (item 7).

Figura 35 – As sete principais perdas em uma planta industrial.

AS 7 PERDAS

1 - SUPERPRODUÇÃO



produzir à mais do que o necessário ou antes do necessário

2 - TRANSPORTE



atividades de movimentação de materiais que geram custo e não agregam valor

3 - PROCESSAMENTO EM SI



atividades do processamento que poderiam ser eliminadas sem alterar as funções básicas do produto.

TODA OPERAÇÃO OU ATIVIDADE QUE
NÃO ADICIONA VALOR AO



4 - MOVIMENTAÇÃO



movimentos desnecessários realizados pelos operadores na execução de uma operação

7 - ESPERA

tempo em que nenhum processo ou operação é executado pelos operadores ou máquinas



6 - DEFEITOS

fabricação de componentes ou produtos que não estão dentro das especificações do projeto



5 - ESTOQUE

manutenção de estoque de matérias-primas, produtos em processo e produtos acabados, que geram custo financeiro



Fonte: Martins (2009).

A figura 35 apresenta sete perdas que podem acontecer em uma planta industrial, caracterizadas por toda operação ou atividade que não adiciona valor ao processo: 1- Superprodução (produzir à mais do que o necessário ou antes do necessário); 2- Transporte (atividades de movimentação de materiais que geram custo e não agregam valor); 3- Processamento em si (atividades do processamento que poderiam ser eliminadas sem alterar as funções básicas do produto); 4- Movimentação (movimentos desnecessário realizados pelos operadores na execução de uma operação); 5- Estoque (com a manutenção de estoque de matérias-primas, produtos acabados, que geram custo financeiro); 6- Defeitos (fabricação de componentes ou produtos que não estão dentro das especificações do projeto); e, 7- Espera (tempo em que nenhum processo ou execução é executado pelos operadores ou máquinas). Como as adequações da NR12 são específicas em máquinas e equipamentos, o item 7 relacionado a perdas por espera de um processo é o item que pode ser influenciado e afetar a eficiência da produção em uma adequação da NR12.

2.8 A planta de manufatura do laboratório de automação

A planta de manufatura pode ser dividida em seis (6) partes: 1- armazenamento de polímero (termoplástico granulado), 2- dosagem e mistura, 3- dosagem e pesagem, 4- posicionamento da embalagem (pote de plástico), 5- sistema de posicionamento e fechamento da tampa, e, 6- esteiras de transporte. Segue descrição abaixo:

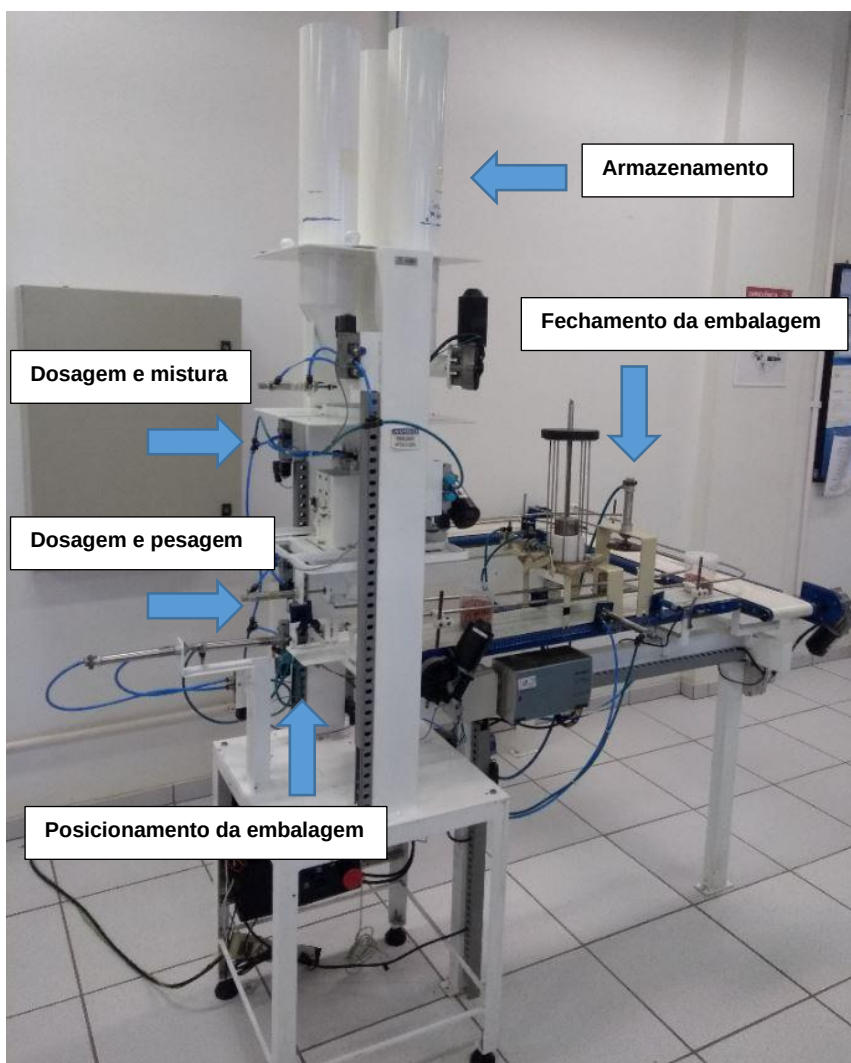
1. O armazenamento é composto por três (3) silos metálicos (silo Nº 1, silo Nº 2 e silo Nº 3). Cada silo possui uma abertura na parte de cima com uma tampa onde é colocado o polímero. Também possuem outra abertura para dosagem no fundo, sendo que o silo Nº 1 possui uma comporta pneumática para dosagem e os silos Nº 2 e Nº 3 possuem transportadores de rosca acionados por motores;
2. A parte de dosagem e mistura é composta pelo funil Nº 1 com uma abertura na parte superior onde cai o produto dos silos. Tem também uma saída inferior, a qual possui uma comporta pneumática para dosagem. Abaixo dele há um misturador rotativo que recebe o polímero de cima. Este é acionado através de um motor. E, dentro do misturador, há uma comporta interna para liberação do produto;
3. A parte de dosagem e pesagem é composta pelo funil Nº 2 que está acoplado na saída do misturador. Na parte inferior possui uma comporta pneumática para dosagem, pela qual, quando aberta, o produto escoar para dentro do pote que está apoiado em uma plataforma de pesagem composta por duas células de carga ligadas em um conversor de pesagem;
4. A parte de embalagem, de posicionamento do pote, é composta por dois cilindros pneumáticos montados um sobre o outro (cilindro Nº 1 e Nº 2), e um sensor ótico difuso de presença do pote. Sendo o cilindro Nº 2 responsável pela colocação do pote no local de dosagem, após o sensor detectá-lo, e o cilindro Nº 1 e Nº 2 responsáveis pela colocação dele em cima da esteira, após o produto ser dosado e pesado;
5. O sistema de posicionamento e fechamento da embalagem (tampa) é composto pela esteira Nº 1 que é acionada por motor, um sensor ótico difuso

de presença do pote, um sistema mecânico de liberação da tampa acionado por cilindro pneumático, e, por um cilindro pneumático de posicionamento do pote. Após esse processo, o sistema de fechamento da tampa por pressão é acionado por um cilindro pneumático e por um sensor ótico retro reflexivo de presença do pote no local;

6. Por último, a planta tem a parte das esteiras de transporte que são compostas por duas esteiras transportadoras com guias laterais. Estas são acionadas por motores e por um sensor ótico difuso de contagem de produto.

Segue abaixo imagem que apresenta uma Planta de Manufatura de Polímeros utilizada como base empírica para a descrição feita anteriormente.

Figura 36 – Planta de manufatura de polímeros.

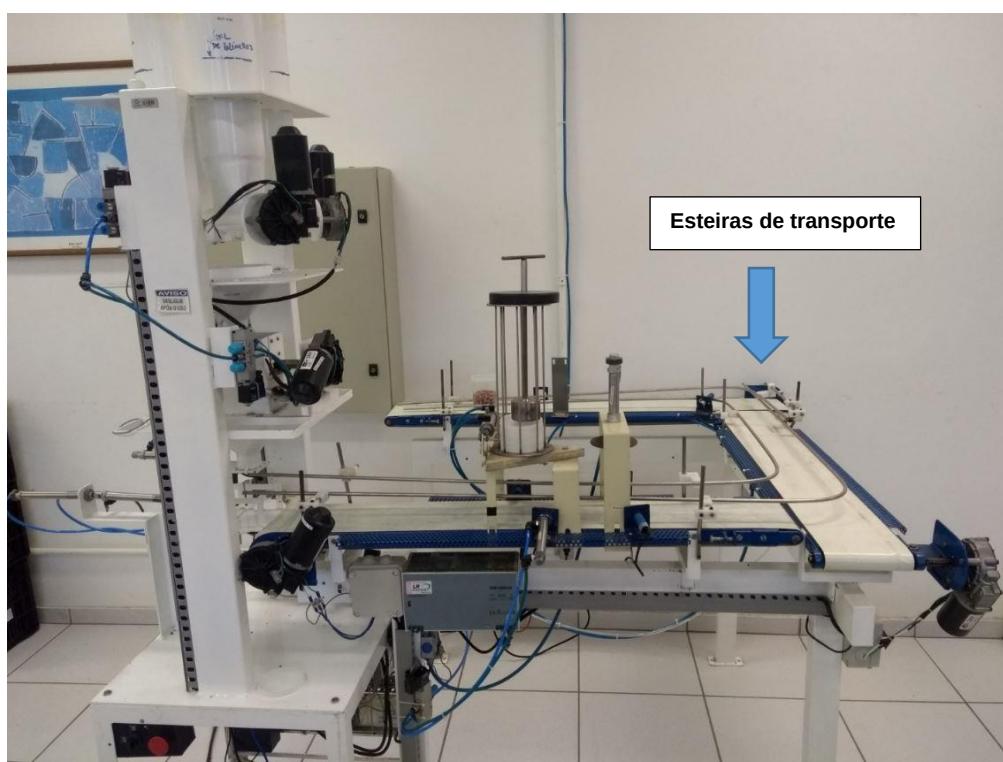


Fonte: Do autor (2020).

Observa-se na imagem acima quem no canto superior direito, temos a parte do armazenamento. Na lateral esquerda da imagem, vê-se a parte da dosagem e da mistura e logo abaixo as partes de dosagem e pesagem e posicionamento da embalagem. Na lateral direita mais ao centro, podemos ver a parte do fechamento da embalagem.

Segue agora, uma imagem que apresenta a esteiras de saída da planta de manufatura de polímeros.

Figura 37 – Esteiras da planta de manufatura de polímeros.



Fonte: Do autor (2020).

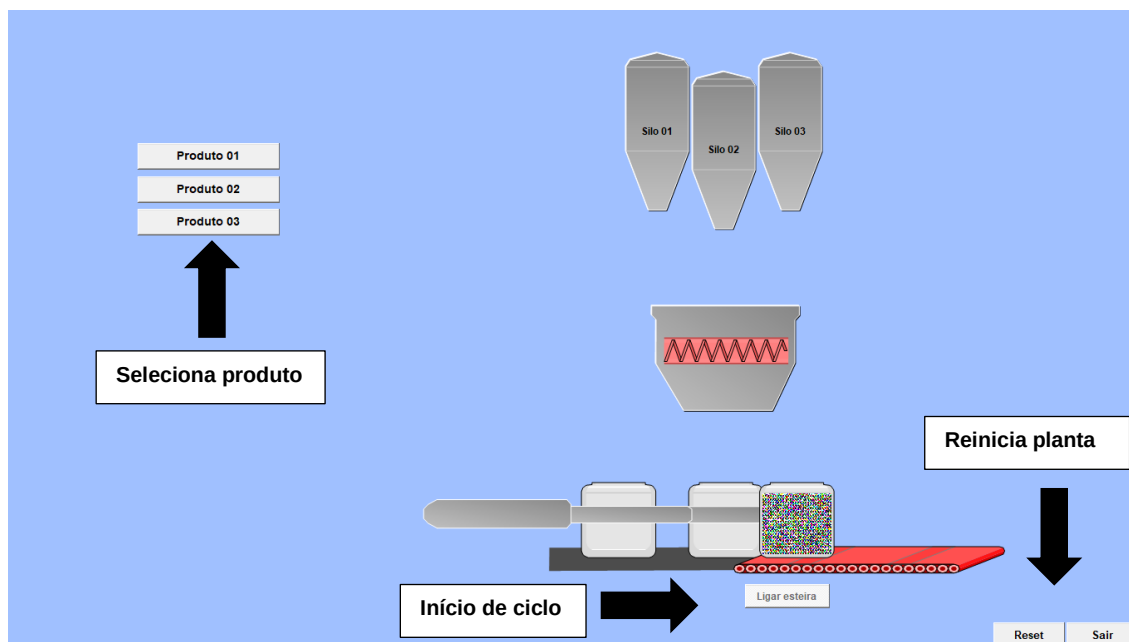
Observa-se na imagem acima indicado pela seta azul as esteiras de saída de produto acabado.

2.8.1 Funcionamento da planta

A planta é acionada e supervisionada através de um sistema supervisor que é composto por um microcomputador e monitor com sistema operacional Windows, cujo sistema supervisor foi desenvolvido através do software Elipse E3. Este se comunica via ethernet com o CLP da parte de automação da planta. Nesta tela de supervisor,

o sistema da planta pode ser visualizado através da movimentação dos potes, e controlado através dos recursos disponíveis conforme imagem abaixo:

Figura 38 – Sistema supervisorio.



Fonte: Do autor (2020).

Percebe-se na imagem acima os botões de seleção de produto, início de ciclo e reset ou reinício do sistema de dosagem, as animações em vermelho representam o misturador e a esteira Nº1.

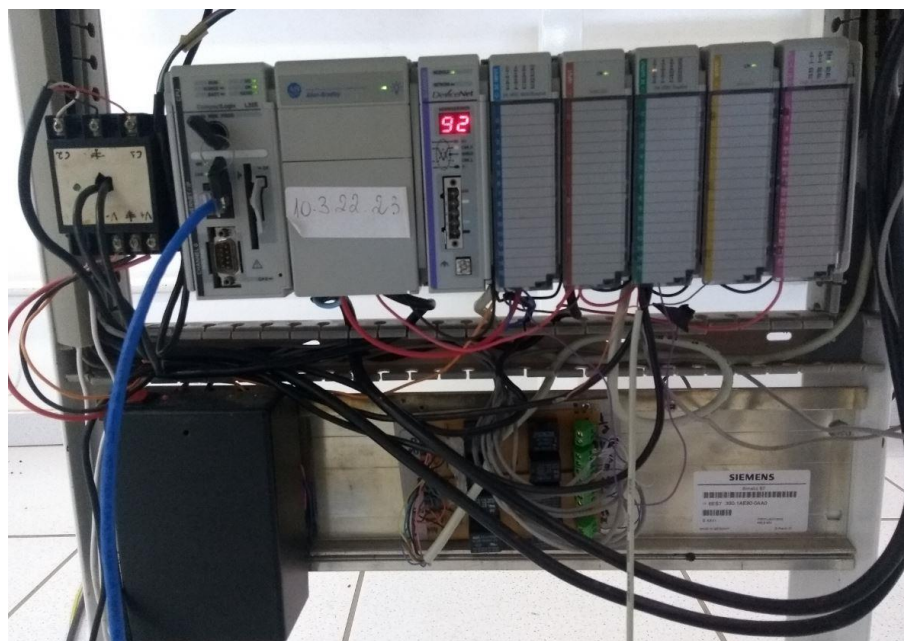
O funcionamento da planta é iniciado após a colocação manual do pote vazio no ponto inicial, local no qual o sensor de presença o detecta. Nisto, o cilindro pneumático Nº 2 empurra o pote em cima da balança de pesagem para baixo do funil Nº 2. Após, deve-se ligar a esteira e selecionar um dos três (3) tipos de receitas de produto no supervisorio. Em seguida, conforme a receita selecionada, ligam-se dois (2) silos com seus dosadores que despejam o polímero dentro do Funil Nº 1. Decorrido o tempo da receita, o funil Nº 1 é aberto, passando o polímero para o misturador que, após misturar, abre sua comporta interna liberando o polímero para o funil Nº 2. Nesse momento, o funil Nº 2 abre a comporta despejando o polímero dentro do pote que já está no local até o valor de peso da receita ser atingido. Nessa parte do processo, o cilindro Nº 1 é acionado empurrando o pote cheio para dentro da esteira Nº 1, a qual leva o pote até o sensor de posição da tampa, onde é retido pelo cilindro de

posicionamento. Com isso, a tampa é liberada em cima do pote, e logo o pote segue para o sensor de posição de fechamento da tampa. O sensor, ao detectá-lo, pára a esteira de modo que o cilindro de fechamento da tampa pressione-a por duas (2) vezes. Nesse instante, a esteira Nº 1 é ligada novamente levando o pote para esteira Nº 2 que, por sua vez, entrega-o para a esteira Nº 3 passando por um sensor de contagem. Nesse movimento, são acumulados os potes na esteira para que sejam retirados manualmente.

2.8.2 Sistema elétrico e automação da Planta de manufatura

O sistema de automação da Planta de manufatura da Univates é controlado pelo CLP compact Logix modelo L32 da marca Allen Bradley. Este é composto pela CPU 1769-L32E, módulo de fonte 1769-PA2, cartão de comunicação DeviceNET 1769-SDN, cartão de desesseis (16) entradas digitais 1769-IQ16, cartão com quatro (4) entradas analógicas 1769-IF4, cartão com desesseis (16) saídas digitais 1769-OB16, cartão com duas (2) saídas analógicas 1769-OF2, e cartão de entradas rápidas/encoder 1769-HSC. Segue imagem abaixo do CLP e dos acessórios que existem na planta de manufatura da Univates.

Figura 39 – CLP e acessórios da planta de manufatura.



Fonte: Do autor (2020).

Conforme imagem acima, averiguamos que na parte elétrica, para o acionamento dos seis (6) motores 24Vcc/4Amp (modelo automotivo), é utilizado uma

placa de relés 24Vcc fabricada pelos alunos do Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade do Vale do Taquari - Univates. O sistema elétrico de comando e potência da máquina é alimentado por uma fonte chaveada 220Vac/24Vcc de vinte (20) amperes, mantendo o sistema em sua totalidade em extra baixa tensão.

Os acionamentos de comando da planta são compostos por uma manopla liga/desliga e um botão de emergência não redundante que desenergiza o CLP parando o processo. Os dois motores das esteiras de transporte de saída são acionados por manoplas, as quais não são controladas pelo CLP. Para conversão dos sinais analógicos das células de carga, foi utilizado uma fonte de 10Vcc e um conversor de 5Vcc para 10Vcc. Estes foram fabricados pelos próprios alunos. A tensão de alimentação é efetuada através de uma tomada 2P+T com tensão de 220Vac/60Hz. O sistema elétrico não possui nenhuma proteção contra sobrecarga e curto circuito.

A potência total do sistema elétrico é composta por seis (6) motores de 24Vcc/4Amp e oito (8) válvulas com solenoides de 24Vcc/2W, módulo de fonte de 24Vcc/0,8Amp do CLP, três (3) sensores óticos e acessórios.

3 METODOLOGIA

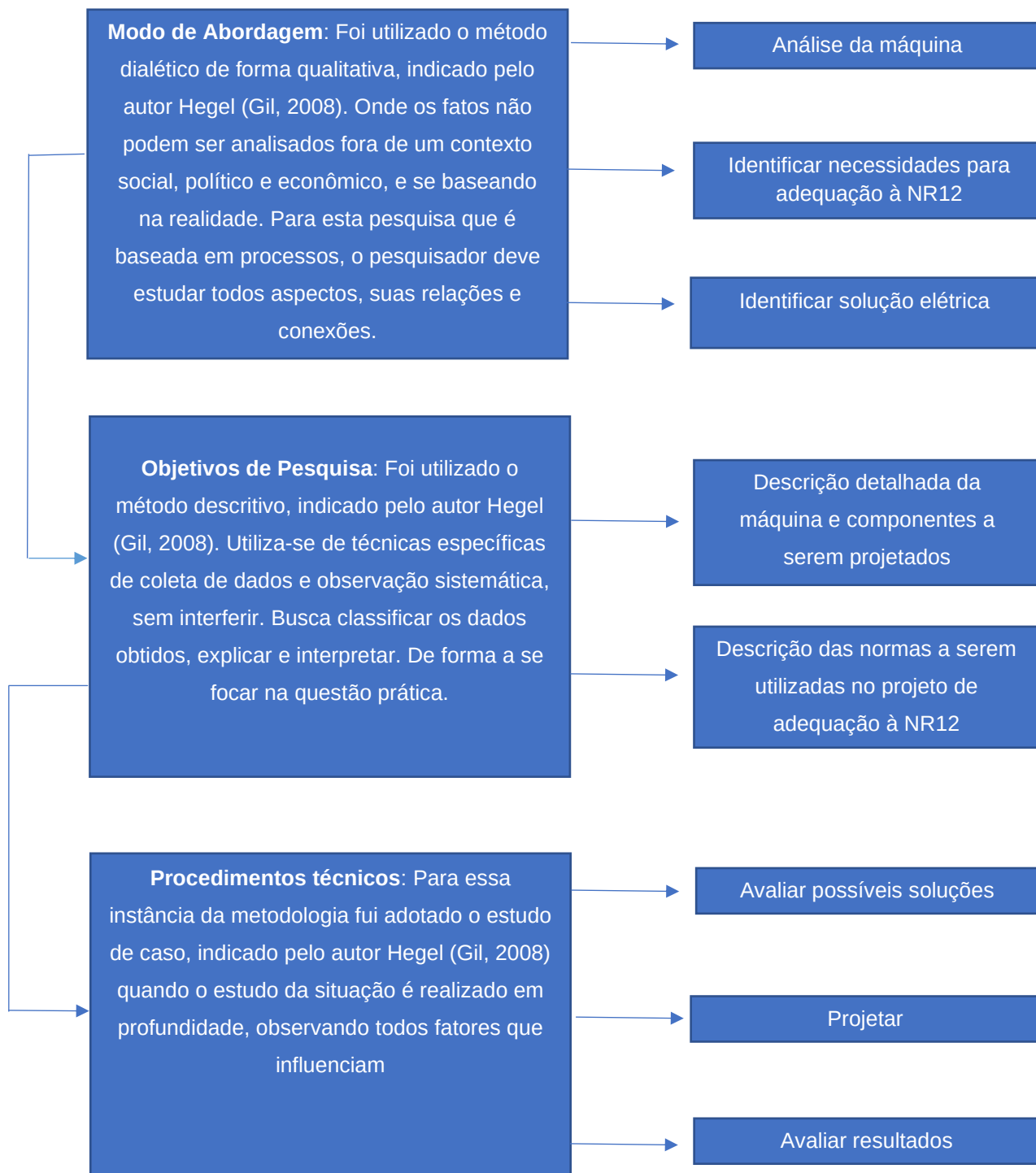
3.1 Métodos

Através da revisão bibliográfica das Normas Regulamentadoras NR12, NBR 14153 e NBR ISO 12100, e do Método HRN compôs-se a metodologia do trabalho. Também foram utilizados livros, artigos, publicações, monografias e treinamentos relacionados à adequação em máquinas e equipamentos e à engenharia de manufatura. Com estes estudos e vivências profissionais do autor deste trabalho, construíram-se instrumentos didáticos para projetar um sistema de segurança, possibilitando a avaliação da categoria de risco e o nivelamento dos riscos da planta de manufatura em questão.

Após a análise dos dados do equipamento e da aplicação das didáticas estudadas acima, desenvolveu-se uma análise de risco conforme previsto pela NBR ISO 12100:2013. Neste processo selecionou-se a categoria de segurança e foram nivelados os riscos oferecidos através do método HRN.

No processo seguinte, verificou-se a necessidade de adequação do equipamento em questão de forma documental através da AR, a seguir efetuou-se o projeto elétrico, inserindo os componentes de segurança e efetuando as modificações necessárias para melhor desempenho da planta de manufatura. Pode-se fazer um pré-levantamento do projeto estimando a parte de automação que é onde se dispersa a maior parte do custo, assim, se tendo uma ideia geral do custo fica mais fácil viabilizar o projeto. Abaixo segue um fluxograma da metodologia científica utilizada:

Figura 40 – Fluxograma de métodos científicos



Fonte: Do autor (2020).

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 Apreciação preliminar de risco

Nesta parte será desenvolvida a análise preliminar de risco, através do Método de Seleção de Categorias de Segurança, e do Método HRN que será composto pela análise de 9 itens; proteções fixas e móveis intertravadas, dispositivo de parada de emergência e rearme, dispositivo de partida e parada, comando elétrico, desligamento seguro, aterramento elétrico, dispositivos pneumáticos, meios de acesso e sinalização da máquina. Após a análise de cada item será formulado o HRN geral da máquina.

A planta de manufatura de polímeros do laboratório de automação da Univates vista na Figura 41, possui 1600mm de comprimento por 1300mm de largura, as esteiras possuem uma altura de 800mm, e sua parte mais alta no topo dos silos de dosagem tem uma altura de 2100mm. Possui alimentação de energia elétrica para as cargas que possuem baixa inércia, sendo os motores das 3 esteiras, 2 roscas de dosagem e 1 misturador, a parte pneumática é composta por 9 válvulas que acionam os 9 cilindros pneumáticos. A planta é utilizada casualmente poucos dias por semestres em disciplinas específicas e é operada geralmente por 3 pessoas, sendo um laboratorista autorizado, em conjunto com um professor e outro aluno, os operadores tem a função de abastecer os silos e colocar os potes vazios um a um no início da dosagem, outro liga a planta e seleciona o produto no supervisório, e o último geralmente auxilia retirando os potes, esta quantidade de pessoas pode variar visto que nas disciplinas que utilizam a planta podem ter muitas pessoas visualizando seu funcionamento (o autor, 2020).

Figura 41 – Visão geral da planta de manufatura de polímeros



Fonte: Do autor (2020).

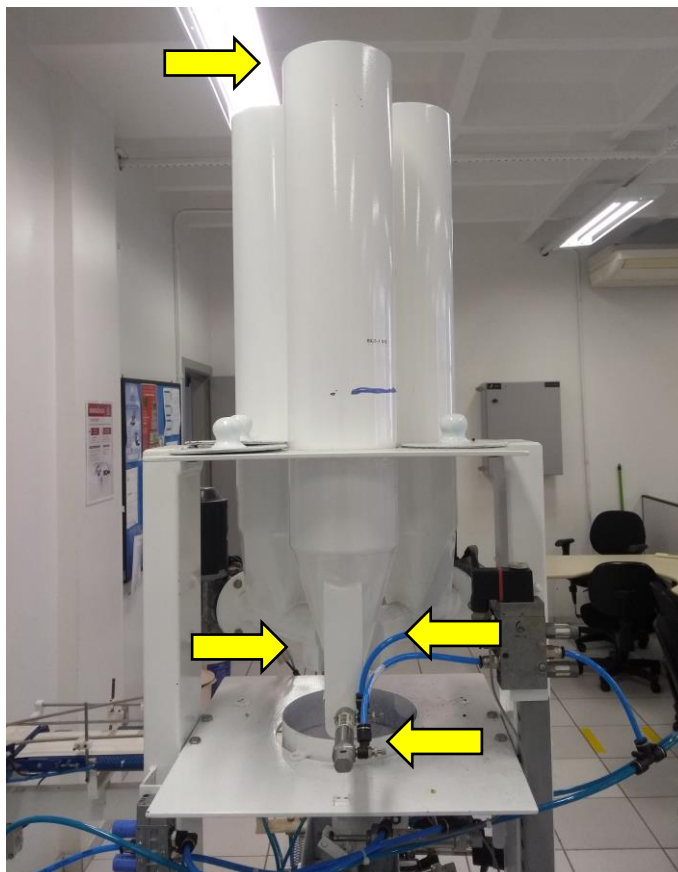
4.1.1 Aplicação do método HRN

Iniciando pela análise dos riscos das proteções móveis intertravadas dividimos a máquina em 3 partes devido as suas particularidades que são: dosagem, fechamento de potes e esteiras.

Na parte superior da dosagem pode se notar na Figura 42 que as os orifícios de saídas dos silos, sendo no Nº 1 a comporta de dosagem pneumática, e nos silos Nº2 e Nº3 as roscas de dosagem, estão abertos por baixo permitindo a colocação dos dedos, causando risco de esmagamento. A parte superior dos silos esta aberta, onde

existe a possibilidade de colocar o braço dentro do silo vazio tendo acesso a rosca ou a comporta com os dedos, onde alguém pode se machucar.

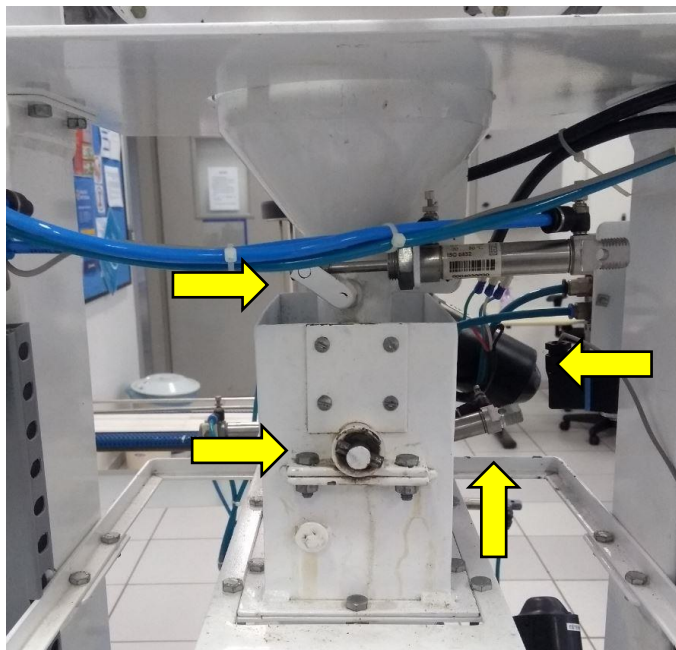
Figura 42 – Visualização das aberturas de dosagem expostas nos silos



Fonte: Do autor (2020).

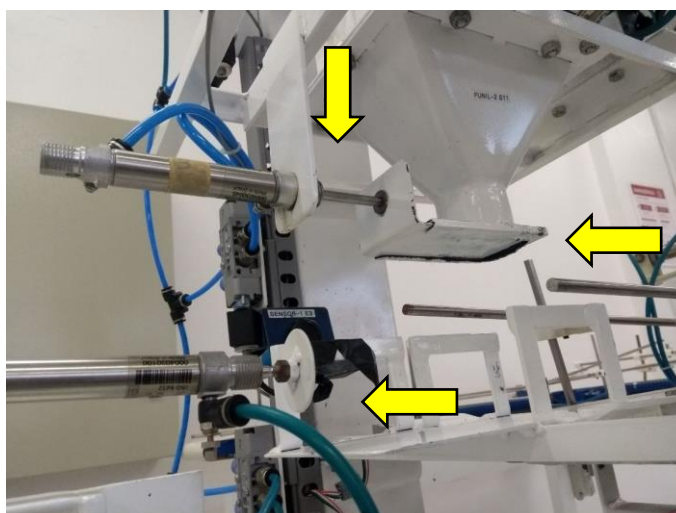
Na Figura 43 pode-se notar que o eixo do motor do misturador esta exposto, e tambem os mecanismos de fechamento da comporta interna do misturador e de dosagem do funil N°1, como tambem o misturador possui acesso interno pela parte superior, causando risco de esmagamento dos dedos.

Figura 43 – Visualização das aberturas expostas no misturador



Fonte: Do autor (2020).

Figura 44 – Visualização das aberturas expostas na parte de dosagem e pesagem



Fonte: Do autor (2020).

Na Figura 44 pode-se notar que os cilindros de movimentação do pote estão expostos, como também o cilindro pneumático e a comporta permitem o acesso dos dedos, tendo um grave risco de esmagamento e amputação respectivamente.

Referente a parte de dosagem podemos ver na Tabela 7 o risco atual referente às proteções fixas e móveis intertravadas.

Tabela 7 – HRN atual parte dosagem, proteções fixas e móveis intertravadas

Parâmetro	Descrição	Valor
Probabilidade de ocorrência (LO)	Provável	8
Frequência de exposição (FE)	Mensalmente	1
Grau da possível lesão (DPH)	Perda de 1 membros	4
Número de pessoas expostas (NP)	3-7 pessoas	2
Nível de risco	Alto	64

Fonte: Do autor (2020).

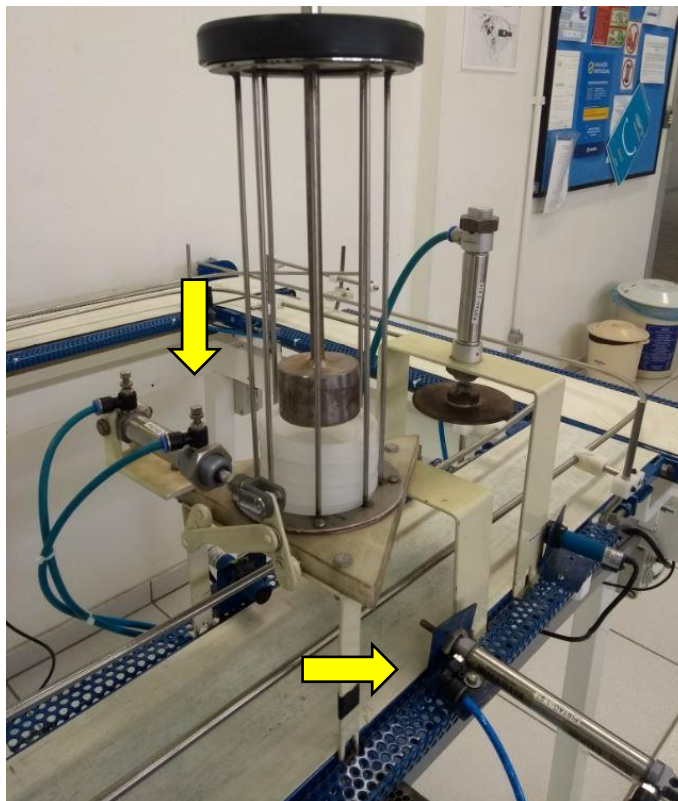
Para realizar a adequação à NR 12 referente a proteções fixas e móveis intertravadas na parte de dosagem deve-se atender os itens 12.5.1, 12.5.4, 12.5.6, 12.5.7 e 12.5.9 da NR12 (2019) mencionados no capítulo 2.6.6 deste trabalho.

Recomendações práticas para sistema dos silos: logo deve-se instalar proteções mecânicas fixas em forma de grade na entrada superior dos 3 silos, e proteções mecânicas fixas fechadas entorno dos eixos dos motores, mancais das rocas e cilindro pneumático, em cima do funil Nº1 uma proteção fixa fechada de forma a impedir o acesso a comporta de dosagem e aberturas de saídas das rosas. As proteções devem ser projetadas seguindo distâncias seguras conforme norma ABNT NBR NM-ISO 13852 de forma a impedir o acesso dos trabalhadores as zonas de perigo.

Recomendações práticas para sistema de mistura, dosagem e pesagem: nas partes inferiores no misturador, motores, funil Nº2, dosagem, pesagem, e cilindros pneumáticos de posicionamento do pote, devem se instalar proteções perimetrais fixas no entorno de todo conjunto da máquina. Instalar uma proteção móvel intertravada com chave magnética de segurança monitorada por interface de segurança, para ter acesso na colocação do polímero nos silos e colocação dos potes para dosagem. As proteções devem ser projetadas seguindo distâncias seguras conforme norma ABNT NBR NM-ISO 13852 de forma a impedir o acesso dos trabalhadores as zonas de perigo.

Na a parte de fechamento de tampas visualizada na Figura 45, pode-se ver o que o mecanismo de liberação da tampa e os cilindros de acionamento e parada do pote estão expostos, resultando em risco de esmagamento.

Figura 45 – Visualização dos cilindros expostos na liberação da tampa

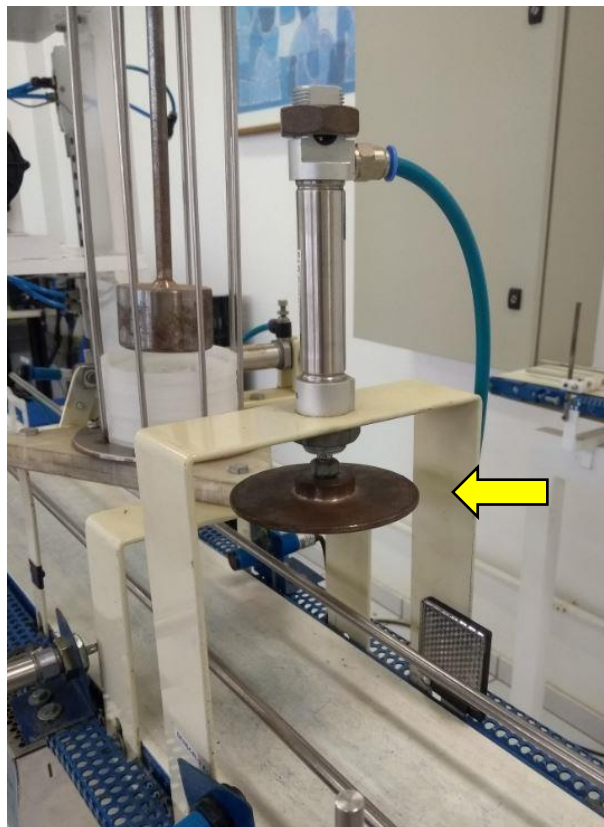


Fonte: Do autor (2020).

Na Figura 46 o mecanismo e cilindro pneumático de fechamento da tampa estão expostos, podendo alguém se machucar gravemente neste sistema, ainda devido a alta velocidade do sistema.

Referente a parte de fechamento de tampas podemos ver na Tabela 8 o risco atual referente às proteções fixas e móveis intertravadas.

Figura 46 – Visualização do mecanismo exposto do batedor de tampas



Fonte: Do autor (2020).

Tabela 8 – HRN atual parte fechamento dos potes, proteções fixas e móveis intertravadas

Parâmetro	Descrição	Valor
Probabilidade de ocorrência (LO)	Presumível	10
Frequência de exposição (FE)	Mensal	1
Grau da possível lesão (DPH)	Quebra de ossos grandes	2
Número de pessoas expostas (NP)	3-7 pessoas	2
Nível de risco	Baixo, porém significativo	40

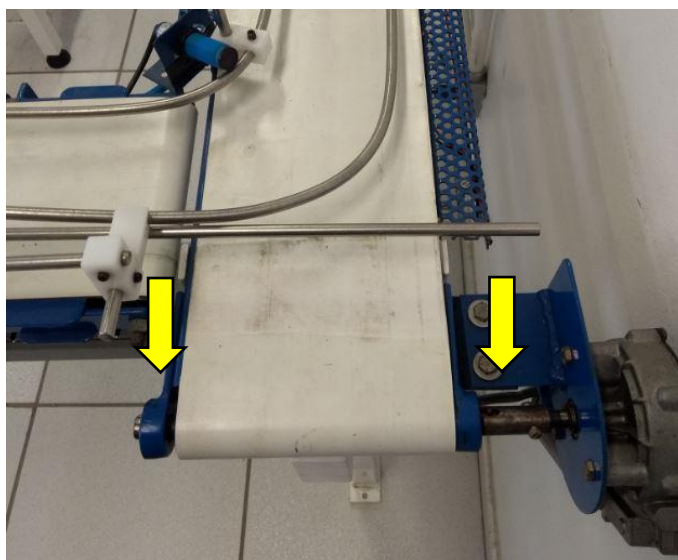
Fonte: Do autor (2020).

Para realizar a adequação à NR 12 referente a proteções fixas e móveis intertravadas na parte de fechamento do pote deve-se atender os itens 12.5.1, 12.5.4, 12.5.6, 12.5.7 e 12.5.9 da NR12 (2019) mencionados no capítulo 2.6.6 deste trabalho.

Recomendações práticas: em ambos sistemas de liberação da tampa e fechamento do pote, devem se instalar proteções perimetrais fixas continuando a mesma da parte de dosagem no entorno de todo conjunto da máquina, com uma abertura na proteção da esteira Nº 2 para saída dos potes com uma distância de segurança impedindo acesso do braço aos mecanismos perigosos. Instalar uma proteção móvel intertravada com chave magnética de segurança monitorada por interface de segurança, para ter acesso aos mecanismos de liberação e fechamento da tampa. As proteções devem ser projetadas seguindo distâncias seguras conforme norma ABNT NBR NM-ISO 13852 de forma a impedir o acesso dos trabalhadores as zonas de perigo.

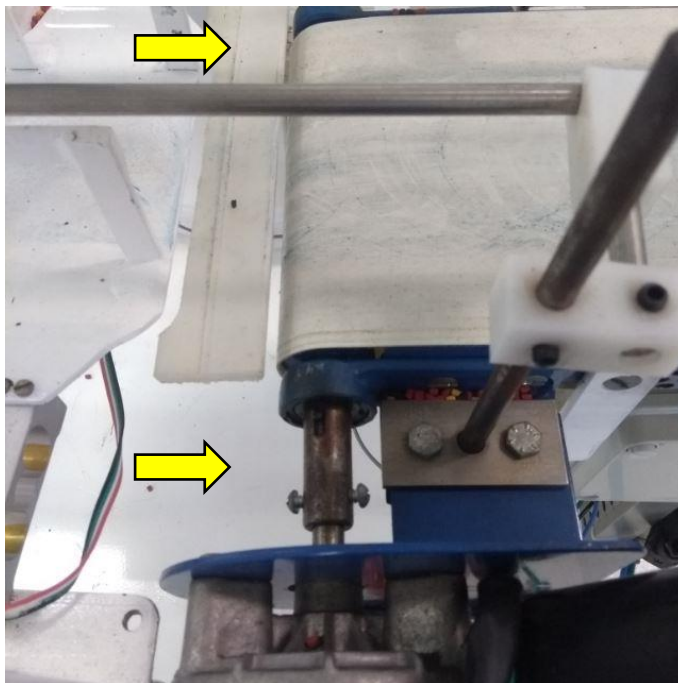
Na parte das esteiras Nº1, 2 e 3 pode- se notar nas Figuras 47,48 e 49 que os eixos dos motores e mancais nas entrada e saídas das esteiras estão expostos podendo alguém se machucar.

Figura 47 – Visualização dos eixos e mancal da entrada esteira Nº2



Fonte: Do autor (2020).

Figura 48 – Visualização dos eixos e mancal da entrada esteira N°1



Fonte: Do autor (2020).

Figura 49 – Visualização dos eixos e mancal da saída esteira N°3



Fonte: Do autor (2020).

Na Tabela 9 abaixo sobre a parte das esteiras, pode-se verificar o risco atual referente às proteções fixas e móveis intertravadas.

Tabela 9 – HRN atual parte das esteiras, proteções fixas e móveis intertravadas

Parâmetro	Descrição	Valor
Probabilidade de ocorrência (LO)	Fortuito	5
Frequência de exposição (FE)	Mensalmente	1
Grau da possível lesão (DPH)	Quebra de ossos pequenos	1
Número de pessoas expostas (NP)	3-7 pessoas	2
Nível de risco	Baixo, porém significativo	10

Fonte: Do autor (2020).

Para realizar a adequação à NR 12 referente a proteções fixas e móveis intertravadas na parte das esteiras deve-se atender os itens 12.5.1, 12.5.4 e 12.5.9 da NR12 (2019) mencionados no capítulo 2.6.6 deste trabalho.

Recomendações práticas: será necessário instalar proteções mecânicas fixas no entorno dos eixos rotativos e em torno das partes móveis, devem ser projetadas seguindo distâncias seguras conforme norma ABNT NBR NM-ISO 13852 impossibilitando o acesso do trabalhador à zona de perigo.

Recomendações práticas para eficiência do processo: devido a recomendação de instalação da proteção móvel intertravada para acesso a parte de dosagem, onde se coloca o pote manualmente para início do processo ser uma porta que ao ser aberta influência na pesagem, se recomenda a instalação de uma rampa para inserção de potes dentro da máquina, esta que começa fora da máquina passa pelas proteções fixas e chega até no ponto de entrada do pote, nesta rampa deve ser instalada com um duto que distancia o acesso em 850mm da zona de perigo.

Assim analisando estas 3 partes acima referente as proteções fixas e móveis intertravadas, obtemos a Tabela 10 sobre os riscos envolvidos para este item, que são baseados nos maiores riscos encontrados.

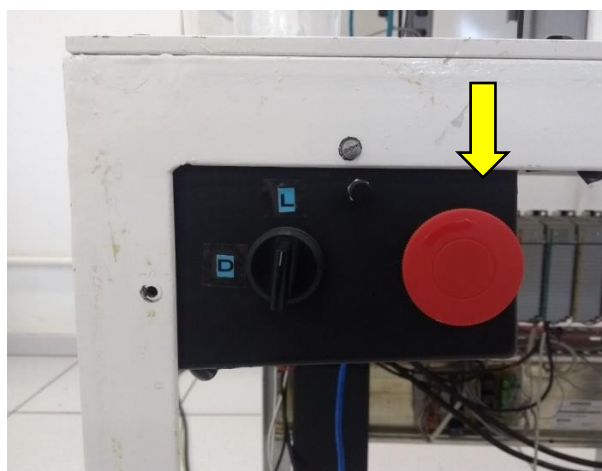
Tabela 10 – HRN atual, proteções fixas e móveis intertravadas

Parâmetro	Descrição	Valor
Probabilidade de ocorrência (LO)	Presumível	10
Frequência de exposição (FE)	Mensalmente	1
Grau da possível lesão (DPH)	Perda de 1 membros	4
Número de pessoas expostas (NP)	3-7 pessoas	2
Nível de risco	Alto	80

Fonte: Do autor (2020).

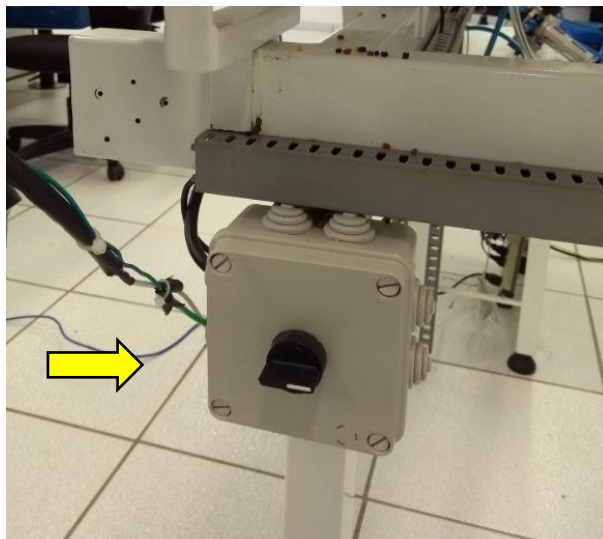
Seguindo a análise que será relacionada aos dispositivos de parada de emergência e rearme do sistema de segurança em toda máquina, conforme pode-se ver nas Figuras 50 e 51, o botão de emergência instalado não possui configuração de contatos e ligação elétrica redundante, além de não possuir certificação de segurança, não ser monitorado por interface de segurança, e ao ser detravado libera o comando da máquina com funcionamento imediato. Também nota-se a ausência de sistema de parada de emergência em toda extensão da área de operação, este inexistente na área de fechamento de potes e saída das esteiras. É inexistente também o sistema de rearme de segurança.

Figura 50 – Visualização dos dispositivos de parada de emergência



Fonte: Do autor (2020).

Figura 51 – Visualização dos locais sem dispositivos de parada de emergência



Fonte: Do autor (2020).

A Tabela 11 abaixo evidencia o risco relacionado aos dispositivos de parada de emergência e rearme do sistema de segurança.

Tabela 11 – HRN atual, dispositivos de parada de emergência e rearme do sistema de segurança

Parâmetro	Descrição	Valor
Probabilidade de ocorrência (LO)	Provável	8
Frequência de exposição (FE)	Mensalmente	1
Grau da possível lesão (DPH)	Perda de 1 membro	4
Número de pessoas expostas (NP)	3-7 pessoas	2
Nível de risco	Alto	64

Fonte: Do autor (2020).

Para realizar a adequação à NR 12 referente aos dispositivos de parada de emergência e rearme do sistema de segurança na máquina deve-se atender os itens 12.4.14, 12.5.2, 12.5.3, 12.6.1, 12.6.2 e 12.6.8 da NR12 (2019) mencionados nos capítulos 2.6.4 e 2.6.5 deste trabalho.

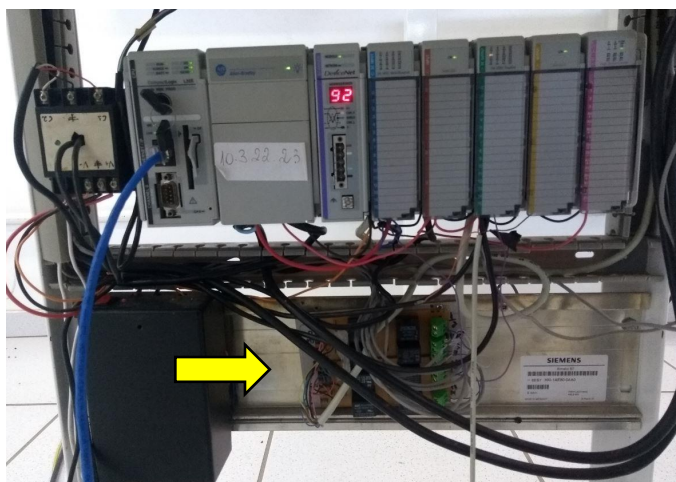
Recomendações práticas: devem ser instalados 4 botões de emergência devidamente sinalizados, um próximo a parte de abastecimento dos silos e colocação

manual do pote, outro próximo ao sistema de fechamento dos potes, o seguinte na saída da esteira Nº 2 e o último na saída da esteira Nº3. Também deverão ser instalados 2 botões de rearme com indicação luminosa em 24Vcc, junto aos botões de emergência da parte de dosagem e saída da esteira Nº2, os botões de emergência devem ser devidamente sinalizados e monitorados por interface de segurança.

A próxima análise será referente aos os dispositivos de partida, acionamento e parada, como podemos ver na Figura 52, os dispositivos de acionamento são relés comuns, que não funcionam de forma redundante, logo uma falha neste componente pode ocasionar um risco de acidente.

A tabela 12 evidencia o risco relacionado aos dispositivos de partida, acionamento e parada do sistema de segurança.

Figura 52 – Visualização dos dispositivos de partida, acionamento e parada



Fonte: Do autor (2020).

Tabela 12 – HRN atual, dispositivos de partida, acionamento e parada

Parâmetro	Descrição	Valor
Probabilidade de ocorrência (LO)	Fortuito	5
Frequência de exposição (FE)	Mensalmente	1
Grau da possível lesão (DPH)	Perda de 1 membro	4
Número de pessoas expostas (NP)	3-7 pessoas	2
Nível de risco	Baixo, porém significativo	40

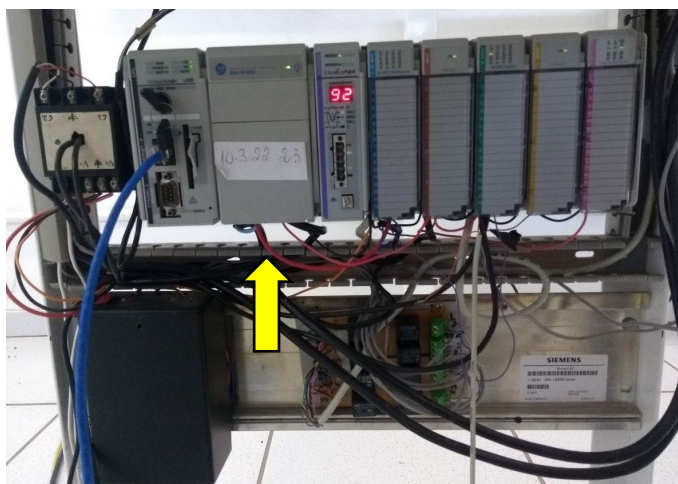
Fonte: Do autor (2020)

Para reduzir os riscos e adequar o equipamento referente aos dispositivos de partida, acionamento e parada do sistema de segurança na máquina deve-se atender os itens 12.4.1, 12.4.2 e 12.4.13 da NR12 (2019) mencionados no capítulo 2.6.3 deste trabalho.

Recomendações práticas: deverão ser instalados contactores de segurança instalados de forma redundante para os acionamentos de motores, monitorados por interface de segurança.

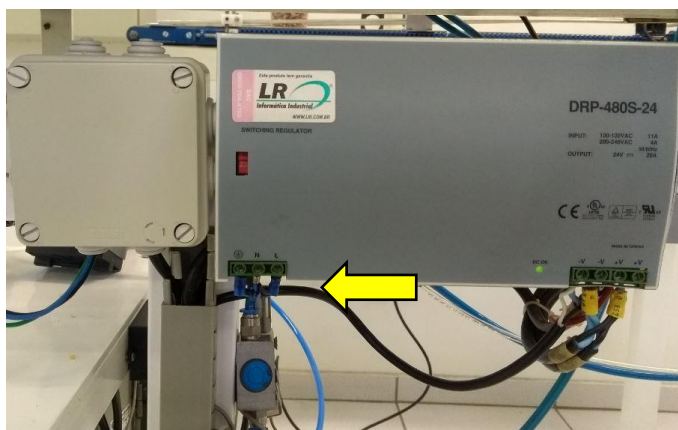
Seguindo a análise que será sobre o comando elétrico do equipamento, pode-se ver nas Figuras 53, 54 e 55, que o comando elétrico apesar de ser em extra baixa tensão, possui os componentes expostos alimentados em 220Vac devido a inexistência de um painel elétrico, além de que a manopla de acionamento da máquina e das esteiras Nº2 e Nº3 possibilitam acionamento automático após a máquina ser energizada. O cabo de alimentação da máquina possui uma emenda no condutor de alimentação isolado, mas que está exposto, e o sistema de potência e comando não possui dispositivo de proteção contra curto circuito, estes causando risco aos trabalhadores. Na Tabela 13 abaixo pode-se ver o risco relacionado ao comando elétrico da máquina:

Figura 53 – Visualização componentes expostos comando elétrico



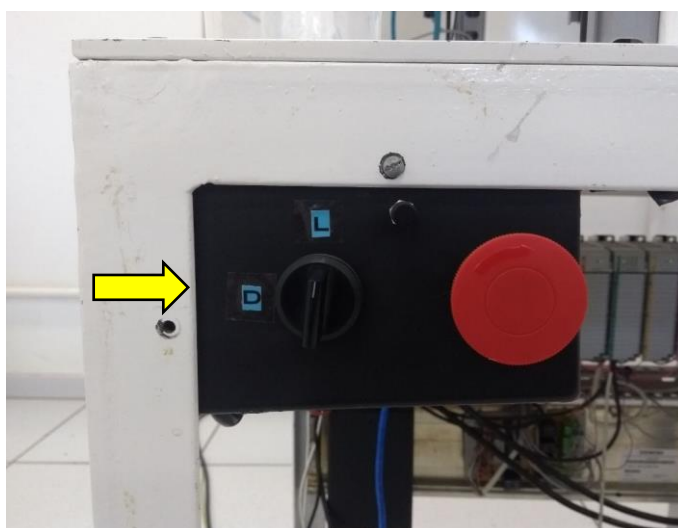
Fonte: Do autor (2020).

Figura 54 – Visualização fonte do comando elétrico exposta



Fonte: Do autor (2020).

Figura 55 – Visualização da manopla de acionamento do comando elétrico



Fonte: Do autor (2020).

Tabela 13 – HRN atual, comando elétrico

Parâmetro	Descrição	Valor
Probabilidade de ocorrência (LO)	Fortuito	5
Frequência de exposição (FE)	Mensalmente	1
Grau da possível lesão (DPH)	Fatalidade	15
Número de pessoas expostas (NP)	3-7 pessoas	2
Nível de risco	Alto	150

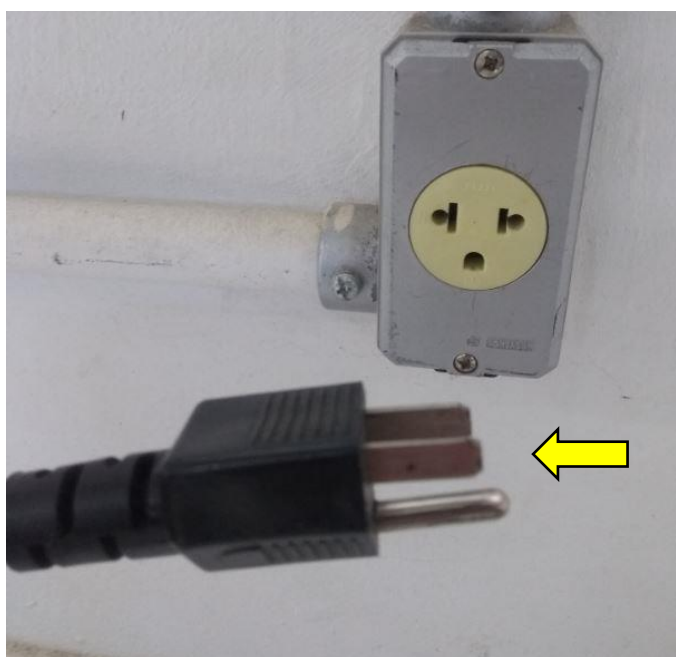
Fonte: Do autor (2020).

Para reduzir os riscos e adequar o equipamento referente aos dispositivos de partida, acionamento e parada do sistema de segurança na máquina deve-se atender os itens 12.3.1, 12.3.4, 12.3.5, 12.4.1, 12.4.2 e 12.4.13 da NR12 (2019) mencionados no capítulo 2.6.2 e 2.6.3 deste trabalho.

Recomendações práticas: deve ser projetado e montado um novo painel elétrico devidamente sinalizado e com chave, para proteger os componentes elétricos. O painel deve possuir disjuntores de proteção contra curto circuito e sobrecarga nos circuitos de comando e potência. Deverão ser substituídas as manoplas de acionamento da máquina e motores por botões de pulso liga e desliga, e seu comando projetado de forma a máquina não realizar o acionamento automático ao ser energizada. O cabo elétrico da máquina deve ser substituído.

Referente ao sistema de desligamento seguro ele é inexistente no equipamento, também como pode-se ver na Figura 56 a tomada de alimentação é do padrão antigo, causando risco de choque elétrico ao ser manuseada. Assim pode-se ver na Tabela 14 o risco relacionado na máquina para este item. Para reduzir os riscos e adequar o equipamento deve-se atender os itens 12.7.3, 12.7.4, 12.7.8 e 12.11.13 da NR12 (2019) mencionados no capítulo 2.6.2 e 2.6.3 deste trabalho.

Figura 56 – Visualização do plugue de alimentação desatualizado



Fonte: Do autor (2020).

Tabela 14 – HRN atual, desligamento seguro

Parâmetro	Descrição	Valor
Probabilidade de ocorrência (LO)	Possível	2
Frequência de exposição (FE)	Mensalmente	1
Grau da possível lesão (DPH)	Fatalidade	15
Número de pessoas expostas (NP)	3-7 pessoas	2
Nível de risco	Alto	60

Fonte: Do autor (2020).

Recomendações práticas: Instalar de dispositivo de desligamento seguro no painel elétrico a ser projetado, seccionadora geral com sistema de bloqueio por cadeado. Substituir o plugue 2P+T por modelo padrão atualizado.

O próximo item que será analisado será o aterramento elétrico, como pode-se ver na Figura 53 o painel elétrico não possui aterramento e um laudo de aterramento realizado sob responsabilidade técnica de um profissional legalmente habilitado. Para reduzir o risco e adequar a máquina deve-se atender o item 12.3.2 da NR12 (2019) mencionado no capítulo 2.6.2 deste trabalho. Assim pode ser visualizado na Tabela 15 risco relacionado ao aterramento.

Tabela 15 – HRN atual, aterramento elétrico

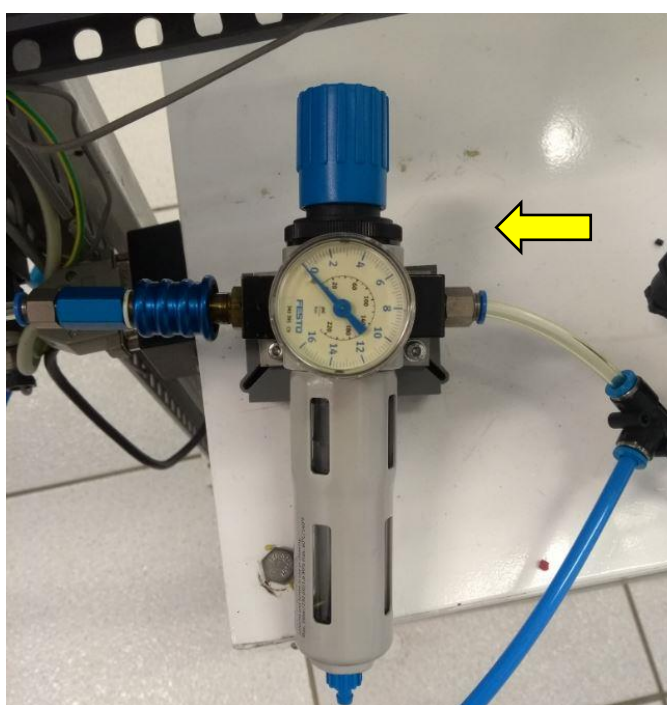
Parâmetro	Descrição	Valor
Probabilidade de ocorrência (LO)	Fortuito	5
Frequência de exposição (FE)	Mensalmente	1
Grau da possível lesão (DPH)	Fatalidade	15
Número de pessoas expostas (NP)	3-7 pessoas	2
Nível de risco	Alto	150

Fonte: Do autor (2020).

Recomendações práticas: Realizar instalação correta do aterramento elétrico, com equipotencialização as partes condutoras conectando-as no condutor de proteção, e efetuar laudo técnico de aterramento por profissional legalmente habilitado de forma a atestar a conformidade dele.

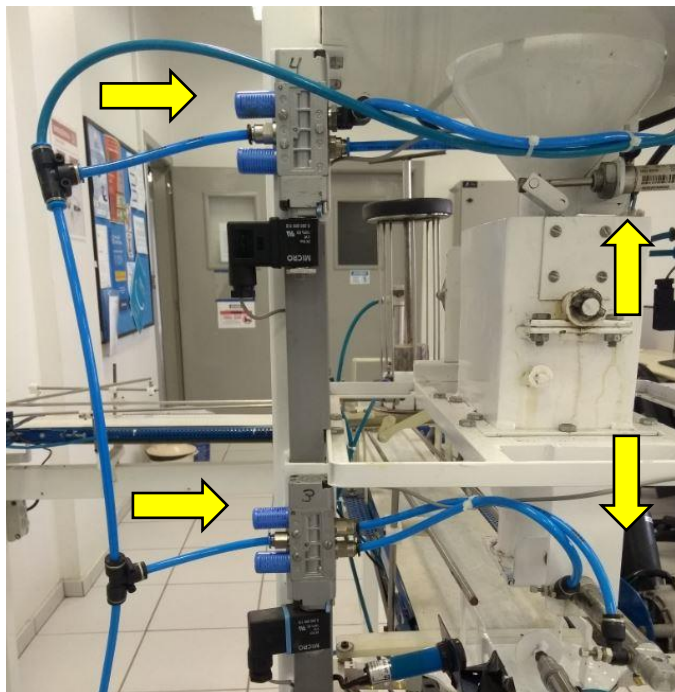
Os dispositivos pneumáticos serão o próximo item a ser analisado, pode-se ver nas Figuras 57 e 58 que o equipamento não possui válvula de segurança pneumática para realizar o corte seguro e despressurização dos cilindros pneumáticos, o que pode ocasionar em algum movimento involuntário dos acionadores pneumáticos caso aconteça uma falha nas válvulas pneumáticas, causando risco aos trabalhadores. Na instalação das mangueiras pneumáticas algumas delas não possuem identificação de pressão de trabalho do fabricante, além de estarem expostas, causando um risco aos trabalhadores em caso de rompimento. Pode-se se ver os riscos relacionados aos dispositivos pneumáticos da máquina na Tabela 16.

Figura 57 – Visualização entrada de alimentação pneumática



Fonte: Do autor (2020).

Figura 58 – Visualização válvulas e acionadores pneumáticos



Fonte: Do autor (2020).

Tabela 16 – HRN atual, dispositivos penumáticos

Parâmetro	Descrição	Valor
Probabilidade de ocorrência (LO)	Fortuito	5
Frequência de exposição (FE)	Mensalmente	1
Grau da possível lesão (DPH)	Perda de 1 membro	4
Número de pessoas expostas (NP)	3-7 pessoas	2
Nível de risco	Baixo, porém significativo	40

Fonte: Do autor (2020).

Para reduzir os riscos e adequar o equipamento referente aos dispositivos pneumáticos da máquina deve-se atender os itens 12.4.2, 12.7.2, 12.7.3 e itens 5.2 e 5.5 do Anexo VIII da NR12 (2019) mencionados nos capítulos 2.6.3 e 2.6.8 deste trabalho.

Recomendações práticas: Conforme já mencionado neste capítulo sobre as proteções fixas e móveis intertravadas, será necessário a instalação de proteções mecânicas perimetrais fixas e móveis intertravadas em torno das partes móveis da

máquina, estas devem proporcionar o enclausuramento dos atuadores pneumáticas. Deve ser instalada uma válvula de segurança conforme classe de segurança da máquina, para o corte seguro e despressurização na entrada do sistema pneumático, o monitoramento deve ser realizado por uma interface de segurança. As válvulas pneumáticas devem ser instaladas dentro de uma caixa fechada, e as mangueiras pneumáticas devem ser acomodadas dentro de um duto ou calha, as que não tiverem identificação de pressão máxima devem ser substituídas.

Seguindo a análise que será sobre os meios de acesso permanentes, podemos ver na Figura 59, que devido à altura para colocação manual de polímero dentro dos silos é necessário a instalação de uma escada hoje inexistente, assim é utilizado algum móvel não recomendado para esta operação, ocasionando risco de queda. Pode-se ver na Tabela 17 os riscos relacionados com o meio de acesso permanente na máquina.

Figura 59 – Visualização meio de acesso permanente inexistente



Fonte: Do autor (2020).

Tabela 17 – HRN atual, meios de acesso permanente

Parâmetro	Descrição	Valor
Probabilidade de ocorrência (LO)	Provável	8
Frequência de exposição (FE)	Mensalmente	1
Grau da possível lesão (DPH)	Perda de 1 membro	4
Número de pessoas expostas (NP)	3-7 pessoas	2
Nível de risco	Alto	64

Fonte: Do autor (2020).

Para reduzir os riscos e adequar o equipamento referente aos meios de acesso da máquina deve-se atender os itens 3, 5, 7, 9 e 11 do anexo III da NR12 (2019) mencionados nos capítulos 2.6.7 deste trabalho.

Recomendações prática: Instalação de uma escada de acesso de degraus com espelho e plataforma para abastecimento de materiais, ambos com sistema de proteção contra quedas.

O último item a ser analisado será a sinalização de segurança do equipamento, nas Figuras 41, 50, 52 e 59 pode-se ver que a máquina, quadro elétrico e botões de emergência não possuem nenhuma sinalização de advertência relacionada aos riscos da máquina nem relacionada ao acionamento de emergência. Na Tabela 18 pode ser visto o risco relacionado a sinalização do equipamento.

Tabela 18 – HRN atual, sinalização

Parâmetro	Descrição	Valor
Probabilidade de ocorrência (LO)	Possível	2
Frequência de exposição (FE)	Mensalmente	1
Grau da possível lesão (DPH)	Perda de 1 membro	4
Número de pessoas expostas (NP)	3-7 pessoas	2
Nível de risco	Baixo, porém significativo	16

Fonte: Do autor (2020).

Para adequar o equipamento reduzindo os riscos e referente a sinalização da máquina deve-se atender os itens 12.3.5, 12.12.1, 12.12.2, 12.12.4, 12.12.6 e 12.12.8 da NR12 (2019) mencionados nos capítulos 2.6.2 e 2.6.11 deste trabalho.

Recomendações prática: Instalar adesivos ou placas de sinalização no painel elétrico referente ao perigo de choque elétrico e ao acesso somente a pessoas autorizadas, também como um sinalizador de painel energizado. Deverão ser instaladas placas de advertência com a indicação de todos os perigos na máquina

Assim após todos os itens serem analisados a Tabela 19 demonstra o HRN geral atual da planta de polímeros, que é baseado nos maiores índices encontrados em cada caso de cada item analisado anteriormente.

Tabela 19 – HRN geral atual da planta de polímeros

Parâmetro	Descrição	Valor
Probabilidade de ocorrência (LO)	Provável	10
Frequência de exposição (FE)	Mensalmente	1
Grau da possível lesão (DPH)	Fatalidade	15
Número de pessoas expostas (NP)	3-7 pessoas	2
Nível de risco	Alto	300

Fonte: Do autor (2020).

4.1.2 Aplicação do Método de Seleção de Categorias de Segurança

Este método é aplicado para definir a categoria de segurança dos componentes de segurança que devem ser utilizados na planta de polímeros em caso da necessidade de adequação à NR12. Segue abaixo a descrição do riscos que foram analisados na máquina para aplicar a metodologia.

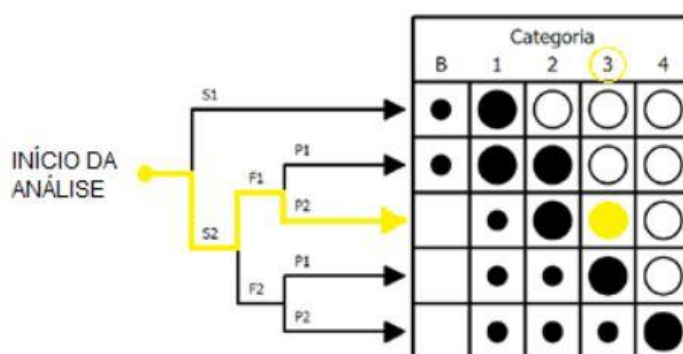
Conforme a análise referente aos itens abaixo (S, F e P), que irão determinar a classe de segurança da máquina, determina-se:

S: Se refere a severidade do ferimento que pode ocorrer, sendo S1: leve (reversível) e S2: grave (Irreversível). Para planta de polímeros temos o risco de amputação dos dedos no funil Nº2 que é irreversível, logo a seleção é S2.

F: Se refere a frequência ou tempo exposição ao risco que pode ocorrer, sendo F1: raro a relativamente frequente ou baixo tempo de exposição e F2: frequente até contínuo ou tempo de exposição longo. A seleção é F1 devido a ser uma planta didática pouco utilizada, logo o tempo de exposição é baixo.

P: Se refere a possibilidade de evitar perigo sendo P1 =Possível sob condições específicas, P2= Quase nunca possível P2. Sobre a possibilidade de evitar os principais perigos envolvidos seja na amputação dos dedos na comporta dosagem do funíl N°2 próximo onde se coloca o pote manualmente, no sistema pneumático de fechamento de tampa exposto que pode quebrar mão de uma pessoa ao tentar ajustar as tampas que vem mal posicionadas, ou mesmo o risco de choque elétrico nos bornes da fonte de alimentação exposta, nota-se que quase nunca é possível de evitá-los, logo a seleção é P2

Figura 60 – Aplicação do Método de Seleção de Categorias de Segurança



Fonte: Do autor (2020).

Na Figura 40 pode-se ver o caminho que as seleções dos itens resultantes que foram S2, F1 e P2, leva a duas possíveis possibilidades utilizando a metodologia de aplicação definida na norma ABNT NBR 14153 (1998), porém utilizando a definição do Ministério do Trabalho no documento relacionado a Métodos de avaliação de risco e Ferramentas de estimativa de risco utilizados na Europa considerando Normativas Europeias e o caso brasileiro, a seleção para este resultado é a Categoria de Segurança 3 (MTE, 2015). Na Tabela 20 abaixo pode-se ver de forma mais objetiva o resultado.

Tabela 20 – Aplicação do Método de Seleção de Categorias

Parâmetro	Descrição	Símbolo
Severidade do ferimento	Grave	S2
Frequência de exposição	Raro a relativamente frequente	F1
Probabilidade de evitar o perigo	Quase nunca possível	P2
Categoria de segurança		CAT 3

Fonte: Do autor (2020).

4.2 Seleção e dimensionamento dos componentes elétricos

A seleção de componentes de segurança é realizada de acordo com a categoria de segurança resultante, e através do levantamento das cargas, acionadores e válvulas são dimensionados os componentes elétricos corretos para realização do projeto do painel elétrico de segurança. A marca escolhida para maioria dos componentes foi a Siemens devido a experiência do autor com este fabricante.

Serão dimensionados os disjuntores, contactores de processo e de segurança que são responsáveis por realizar o corte da força dos motores e e válvula de segurança, com isso, realizando o somatório das correntes nominais dos motores para identificar os modelos corretos de contactores a serem utilizados. A Tabela 21 abaixo mostra a carga de cada motor e seu somatório representa as contactoras de segurança.

Tabela 21 – Potência dos motores elétricos

Motor	Potência (W)	Tensão (Vdc)	Corrente (A)
Rosca silo 2 - M1	37	24	4
Rosca silo 3 - M2	37	24	4
Misturador – M3	37	24	4
Esteira 1 – M4	37	24	4
Esteira 2 – M5	37	24	4
Esteira 3 – M6	37	24	4
Total	222	24	24

Fonte: Do autor (2020).

Os 6 motores de corrente contínua instalados na máquina possuem corrente nominal de 4 ampêres, logo os disjuntores motor de proteção contra sobrecarga deverão proteger limitando esta corrente, o modelo utilizado será o 3RV20 11-1FA10 que tem regulagem de 3,5 a 5 ampêres, que terá o acessório de contato frontal para desligamento do comando em caso de desarme.

Os seis contatores de acionamento deverão suportar uma corrente de 4 ampêres, e os contactores de segurança que farão o seccionamento de todos motores devem suportar uma corrente total de 24 ampêres. Logo serão utilizados seis contatores de 7ampêres, modelo 3RT2015-1AB41, e dois contactores modelo 3RT2026-1AB40. Ambos com a bobina de acionamento em 24Vcc e um contato NA, e como acessório um bloco de contatos auxiliares com dois contatos NA e dois contatos NF.

Na entrada de energia do painel elétrico será substituído o cabo de alimentação por um de 3x2,5mm² e plugue de alimentação 2P+T 20A padrão ABNT, será instalada uma chave seccionadora modelo 162001 de 25 ampêres da marca Schmersal, e um disjuntor monofásico de 6ª modelo 5SL1 106-7MB, que será suficiente para alimentar os acessórios e a fonte existente que tem alimentação em 220Vac e corrente de 4A, esta fonte será mantida pois sua saída de 24Vcc suporta uma corrente de 20A que será protegida por um disjuntor de 20A modelo 5SL1 120-7MB, devido ao fato dos motores trabalharem abaixo da corrente nominal e não acionarem os 6 ao mesmo tempo, ela se encontra bem dimensionada. Será projetado uma fonte de 24Vcc/2,5ª somente para parte de comando e CLP, segregando assim a parte de potência e de comando, onde os módulos do CLP serão protegidos por fusíveis de vidro pequenos.

A válvula de segurança sugerida no projeto elétrico, é apenas para dimensionamento e ligação do esquema elétrico de segurança e atende a categoria 3; possui variações de tamanho com o mesmo funcionamento e deve ser dimensionada no projeto pneumático realizado por um profissional da área mecânica; seu modelo é o VP5444-5DZ1-04-M-X538 da marca SMC, esta possui duas bobinas solenoides redundantes de 24Vcc, e dois sensores tipo fim de curso com contatos eletromecânicos NF, o que possibilita o uso dos relés de segurança convencionais.

Do contrário outro modelo de válvula com sensores eletrônicos ativos, se recomenda pelo fabricante o uso para monitoramento uma interface de segurança tipo CLP.

Para o desligamento seguro da válvula pneumática de segurança será utilizado dois contactores do mesmo modelo dos motores, visto a corrente das bobinas da válvula de segurança ser menos de 1 ampêr, utilizaremos o modelo 3RT2015-1AB41 da marca Siemens.

O monitoramento do sistema de segurança será realizado por três relés de segurança modelo 3SK1111-1AB30 com 1 canal de segurança. Cada relé irá fazer o monitoramento dos dispositivos de segurança conforme as especificações de ligações elétricas redundantes conforme foi mostrado na Figura 28. no capítulo 2.5.5.5 que trata da definição da categoria de segurança 3 neste trabalho.

O primeiro e segundo relés de segurança farão o monitoramento dos dispositivos de segurança que serão 4 de botões de emergência ligados em serie, modelo 3SB6130-1HB20-1CA0 e contatos redundantes NF modelo 3SB6400-1AA10-1CA0. O terceiro relé fará o monitoramento de duas chaves magnéticas retangulares de segurança ligadas em serie modelo 3SE6604-2BA acionadas pelo seu respectivo atuador modelo 3SE6704-2BA, estas que farão o intertravamento das 2 proteções móveis (Portas de acesso).

Os botões de emergência serão instalados em 3 caixas para botoeiras, onde 1 delas terá botão de rearme de segurança sinalizado na cor azul, modelo 3SB6133-0DB50-1BA0. Na porta do painel também será instalado uma emergência e botão rearme de segurança, junto com um sinaleiro de painel energizado,.

Para o acionamento do comando convencional será instalado um botão liga/desliga comando sinalizado na porta do painel, o mesmo será intertravado pelo sistema de segurança, de forma a não acionar automaticamente a máquina após a segurança ser rearmada. Serão instalados também duas manoplas de 2 posições para acionamento dos motores das esteiras N°2 e N°3, estas intertravadas pelo botão de liga comando.

Para realizar a interface de comando das válvulas convencionais e periféricos serão utilizados relés de interface NAF 24Vcc modelo 3RQ3118-1AB00. Os sensores

óticos de processo de verificação do pote no ponto inicial, pote na posição para receber a tampa, e posição para fechamento da tampa serão mantidos. As duas células de carga, fonte 10Vcc de passagem e módulo conversor analógico de pesagem também serão mantidos.

Todas as conexões de entrada e saída do painel elétrico serão realizadas através de bornes 2,5mm simples e de dois andares. Devem ser efetuadas ligações de aterramento na carcaça e na porta do painel elétrico, e também nos motores e na estrutura da máquina e esteiras.

4.3 Modificações no sistema de automação

A adequação à NR12 tem o intuito direcionado para segurança, porém algumas modificações na lógica de comando convencional são necessárias para que o sistema de automação entenda que o processo foi interrompido pelo sistema de segurança, e também quando pode ser novamente iniciado, ressaltando que o CLP convencional não pode realizar lógicas relacionadas diretamente a segurança da máquina, e que também processos de medição analógica como pesagem quando interrompidos; neste caso pela segurança da máquina; precisam de uma lógica de programação mais complexa para continuar aquele ciclo de forma confiável, assim nesta modificação toda vez que o processo for interrompido, aquele ciclo de dosagem deve ser desconsiderado, e o produto retirado da linha de produção. Abaixo será explicado como o programa do CLP deve ser modificado.

Na parte de automação será mantido o CLP existente já descrito no capítulo 2.8.2 deste trabalho, porém o seu programa terá que ser alterado utilizando o software RsLogix 5000 versão 20.04 do fabricante Rockwell, o programa original da máquina foi alterado e reescrito em linguagem de estrutura de texto no ano 2018, este arquivo tem o nome de “PSolidos_Eric_11072018_REV00.ACD”. A nova versão modificada foi renomeada para “PSolidos_NR12_18062020_REV01.ACD”, e é organizado de forma que a rotina principal chama as outras cinco sub-rotinas que são: dosando potes, pesando potes, dispensando tampas, selando tampas e estocando potes.

No programa principal foi adicionado rotinas para inserir os botões de comando: liga na entrada digital I5 e desliga na entrada I6, o que faz o programa iniciar somente

após o comando ser acionado, pois antes a planta iniciava a rotina do programa quando o CLP era energizado.

Foram adicionadas entradas digitais para mostrar no supervisorio em que parte a segurança foi acionada sendo: a entrada digital I7 botões de emergência da parte da frente da planta situados naa posições de dosagem e esteira de saída 3, Entrada digital I8 botões de emergência da parte de tras da planta situados nas posições de fechamento de potes e esteira 2, e entrada digital I9 para os sensores de segurança das portas de acesso da dosagem e fechamento de potes.

Tambem foi adicionado a entrada digital I10 com a função habilitar o comando quando a segurança estiver rearmada, onde através da variável “Libera_Comando” que foi inserida em uma rotina junto com as entradas digitais, de forma a intertravar todo funcionamento de entradas e saídas no programa do CLP quando a segurança estiver acionada, esta variável foi inserida em todas sub rotinas.

Nota-se na sub rotina de estocagem a lógica para os sinais que habilitam a manipulação de potes para estocagem efetuada pelo robo que fazia parte da planta anteriormente ainda permanece, tambem foram inseridas lógicas de intertravamento nesta parte, apesar de o robo não fazer parte desta adequação devido a não estar sendo usado. Segue abaixo imagens do programa do CLP com as alterações:

Figura 61 – Programa principal parte 1

```

////////////////////////////////////
// Controle da planta de manufatura de polímeros //
// REV00: Escrito por Eric de Quadros 11/07/2018 //
// REV01: Vicente Weirich 19/06/2020 //
// Rotina: Principal //
// Descrição REV00: Controla a esteira 1, monitora //
// sensores utilizados em mais de um lugar no projeto //
// e chama as outras rotinas. //
// Descrição REV01: Adicionado bloqueios de comando, //
// para parar o processo quando a segurança for //
// acionada, sinalização e botão liga/Desliga. //
////////////////////////////////////

// Variáveis e I/Os adicionadas REV01
//I5-Liga_Planta
//I6-Desliga_Planta
//I7-Emergencia_Frente (posição de dosagem e esteira 3 de saída)
//I8-Emergencia_Tras (posição de fechamento de potes e esteira 2)
//I9-Sensor_Seguranca_Porta (portas de dosagem e fechamento de potes)
//I10- Habilidade_Comando
//Libera_Comando

//Liga planta e emergencia
IF (Habilita_Comando) THEN // Inclusão REV01
    IF ((Liga_Planta) AND (Desliga_planta)) THEN // Inclusão REV01
        Libera_Comando :=1; // Inclusão REV01
    ELSIF (( NOT Liga_Planta) AND (NOT Desliga_planta)) THEN // Inclusão REV01
        Libera_Comando :=0; // Inclusão REV01
    ELSIF ((NOT Liga_Planta) AND (Desliga_planta)) THEN // Inclusão REV01
        Libera_Comando :=Libera_Comando; // Inclusão REV01
    END_IF; // Inclusão REV01
ELSE // Inclusão REV01
    Libera_Comando :=0; // Inclusão REV01
END_IF; // Inclusão REV01

// Controla a esteira 1
IF ((Supervisorio_LigaEsteira) AND (NOT Selando) AND (Libera_Comando)) THEN //Modificação REV01
    Motor_Esteira1_PWM := 1;
ELSE
    Motor_Esteira1_PWM := 0;
END_IF;

// Pulso do sensor de selamento
Pulso_Sensor_SelamentoTampas_Subida.InputBit := Sensor_SelamentoTampas AND Libera_Comando; //Modificação REV01
OSRI(Pulso_Sensor_SelamentoTampas_Subida);
Pulso_Sensor_SelamentoTampas_SubidaOUT := Pulso_Sensor_SelamentoTampas_Subida.OutputBit;

// Pulso do sensor de leitura
Pulso_Sensor_RFID_Esteira3.InputBit := Sensor_RFID_Esteira3 AND Libera_Comando; //Modificação REV01
OSRI(Pulso_Sensor_RFID_Esteira3);
Pulso_Sensor_RFID_Esteira3OUT := Pulso_Sensor_RFID_Esteira3.OutputBit;

```

Fonte: Do autor (2020).

Figura 62 – Programa principal parte 2

```

// Pulso no botão reset do supervisorio
Pulso_Supervisorio_Reset.InputBit := Supervisorio_Reset; // OR NOT Libera_Comando; //Modificação REV01
OSRI(Pulso_Supervisorio_Reset);

IF (Pulso_Supervisorio_Reset.OutputBit) THEN
    Pistao_InicioProcesso1 := 0;
    Pistao_InicioProcesso2 := 0;
    DosadorOcupado := 0;
    Supervisorio_TipoProduto := 0;

    FOR ContFOR:=0 TO 26 BY 1 DO
        Produtos[ContFOR] := 0;
        ProdutosPeso[ContFOR] := 0;
    END_FOR;

    IndiceProdutos_Producao := 0;
    IndiceProdutos_Estoque := 0;
END_IF;

// Chama as outras rotinas
JSR(DosandoPotes);
JSR(PesandoPotes);
JSR(DispensandoTampas);
JSR(SelandoTampas);
JSR(EstocandoPotes);

```

Fonte: Do autor (2020).

Figura 63 – Programa de sub rotina dosagem de potes parte 1

```

////////////////////////////////////
// Controle da mini planta de sólidos //
// Escrito por Eric de Quadros //
// Rotina: Dosagem //
// Descrição: Controla a dosagem dos produtos, a primeira //
// etapa do processo. //
////////////////////////////////////

////////////////////////////////////

// INÍCIO - Posiciona o pote vazio em cima da balança
Timer_Inicio_Processo.PRE := 4000;
Timer_Inicio_Processo.Reset := Timer_Inicio_Processo.DN;
Timer_Inicio_Processo.TimerEnable := Sensor_InicioProcesso AND NOT DosadorOcupado AND Libera_Comando; //Modificação REV01
TONR(Timer_Inicio_Processo);
IF (Timer_Inicio_Processo.DN) THEN
    Pistao_InicioProcesso1 := 1;
END_IF;
// FIM - Posiciona o pote vazio em cima da balança

// INÍCIO - Verifica a opção escolhida e inicia a dosagem.
IF ((NOT DosadorOcupado) AND (Pistao_InicioProcesso1) AND Libera_Comando)/* AND (PesoCelulaCarga > 10) AND (PesoCelulaCarga < 40)*/ THEN
    Pulso_Produto1_Subida.InputBit := Supervisorio_Produto1;
    OSRI(Pulso_Produto1_Subida);

    Pulso_Produto2_Subida.InputBit := Supervisorio_Produto2;
    OSRI(Pulso_Produto2_Subida);

    Pulso_Produto3_Subida.InputBit := Supervisorio_Produto3;
    OSRI(Pulso_Produto3_Subida);

    IF (Pulso_Produto1_Subida.OutputBit) THEN
        Produtos[IndiceProdutos_Producao] := 1;
        Supervisorio_TipoProduto := 1;
        DosadorOcupado := 1;
    ELSIF (Pulso_Produto2_Subida.OutputBit) THEN
        Produtos[IndiceProdutos_Producao] := 2;
        Supervisorio_TipoProduto := 2;
        DosadorOcupado := 1;
    ELSIF (Pulso_Produto3_Subida.OutputBit) THEN
        Produtos[IndiceProdutos_Producao] := 3;
        Supervisorio_TipoProduto := 3;
        DosadorOcupado := 1;
    END_IF;
END_IF;
// FIM - Verifica a opção escolhida e inicia a dosagem

////////////////////////////////////

// INÍCIO - Faz a dosagem, pesa e desloca o pote para a esteira 1
Pulso_DosadorOcupado_Subida.InputBit := DosadorOcupado;
OSRI(Pulso_DosadorOcupado_Subida);
Pulso_DosadorOcupado_SubidaOUT := Pulso_DosadorOcupado_Subida.OutputBit;

```

Fonte: Do autor (2020).

Figura 64 – Programa de sub rotina dosagem de potes parte 2

```

IF ((DosadorOcupado) AND (Libera_Comando)) THEN                                     //Modificação REV01
CASE Produtos[IndiceProdutos_Producao] OF
1: // Caso for o produto 1
/*Timer_DosadorMotor.PRE := 17000;
Timer_DosadorMotor.Reset := 0;
Timer_DosadorMotor.TimerEnable := Pulso_DosadorOcupado_SubidaOUT;
TOFR(Timer_DosadorMotor);
Motor_5_Dosagem := Timer_DosadorMotor.DN;
Motor_6_Dosagem := Timer_DosadorMotor.DN;*/

Timer_DosadorMotor.PRE := 7000;
Timer_DosadorMotor.Reset := 0;
Timer_DosadorMotor.TimerEnable := Pulso_DosadorOcupado_SubidaOUT;
TOFR(Timer_DosadorMotor);
Motor_5_Dosagem := Timer_DosadorMotor.DN AND Libera_Comando;           //Modificação REV01
Motor_6_Dosagem := Timer_DosadorMotor.DN AND Libera_Comando;           //Modificação REV01

2: // Caso for o produto 2
Timer_DosadorMotor.PRE := 9000;
Timer_DosadorMotor.Reset := 0;
Timer_DosadorMotor.TimerEnable := Pulso_DosadorOcupado_SubidaOUT;
TOFR(Timer_DosadorMotor);
Motor_5_Dosagem := Timer_DosadorMotor.DN;

Timer_DosadorPistao.PRE := 1600;
Timer_DosadorPistao.Reset := 0;
Timer_DosadorPistao.TimerEnable := Pulso_DosadorOcupado_SubidaOUT;
TOFR(Timer_DosadorPistao);
Pistao_6_Dosagem := Timer_DosadorPistao.DN AND Libera_Comando;           //Modificação REV01

3: // Caso for o produto 3
Timer_DosadorMotor.PRE := 8000;
Timer_DosadorMotor.Reset := 0;
Timer_DosadorMotor.TimerEnable := Pulso_DosadorOcupado_SubidaOUT;
TOFR(Timer_DosadorMotor);
Motor_5_Dosagem := Timer_DosadorMotor.DN AND Libera_Comando;           //Modificação REV01
Motor_6_Dosagem := Timer_DosadorMotor.DN AND Libera_Comando;           //Modificação REV01

Timer_DosadorPistao.PRE := 1000;
Timer_DosadorPistao.Reset := 0;
Timer_DosadorPistao.TimerEnable := Pulso_DosadorOcupado_SubidaOUT;
TOFR(Timer_DosadorPistao);
Pistao_6_Dosagem := Timer_DosadorPistao.DN;
END_CASE;

// Abre o pistão da entrada do misturador e liga o motor do misturador assim que os motores do dosador são desligados
Pulso_Timer_DosadorMotor_Descida.InputBit := Timer_DosadorMotor.DN;
OSFI(Pulso_Timer_DosadorMotor_Descida);

Timer_MisturadorPistao1.PRE := 2500;
Timer_MisturadorPistao1.Reset := 0;
Timer_MisturadorPistao1.TimerEnable := Pulso_Timer_DosadorMotor_Descida.OutputBit;
TOFR(Timer_MisturadorPistao1);

```

Fonte: Do autor (2020).

Figura 65 – Programa de sub rotina dosagem parte 3

```

// Espera um tempo após o produto ser dispensado para atualizar os valores da pesagem assim que o pistão do dispenser é fechado
Pulso_Timer_DispenserPistao_Descida.InputBit := Timer_DispenserPistao.DN;
OSFI(Pulso_Timer_DispenserPistao_Descida);

Timer_EsperaBalanca.PRE := 1000;
Timer_EsperaBalanca.Reset := 0;
Timer_EsperaBalanca.TimerEnable := Pulso_Timer_DispenserPistao_Descida.OutputBit;
TOFR(Timer_EsperaBalanca);

// Desloca para Esteira 1 assim que passar o tempo para atualização da pesagem
Pulso_Timer_EsperaBalanca_Descida.InputBit := Timer_EsperaBalanca.DN;
OSFI(Pulso_Timer_EsperaBalanca_Descida);

IF (Pulso_Timer_EsperaBalanca_Descida.OutputBit) THEN
    Pistao_InicioProcesso2 := 1;
    ProdutosPeso[IndexProdutos_Producao] := PesoCelulaCarga;
END_IF;

// Tempo entre o deslocamento para a Esteira 1 e o recolhimento dos pistões, para iniciar uma nova dosagem
Timer_IntervaloFimDosagem.PRE := 1500;
Timer_IntervaloFimDosagem.Reset := 0;
Timer_IntervaloFimDosagem.TimerEnable := Pulso_Timer_EsperaBalanca_Descida.OutputBit;
TOFR(Timer_IntervaloFimDosagem);

Pulso_Timer_IntervaloFimDosagem_Descida.InputBit := Timer_IntervaloFimDosagem.DN;
OSFI(Pulso_Timer_IntervaloFimDosagem_Descida);

IF (Pulso_Timer_IntervaloFimDosagem_Descida.OutputBit) THEN
    Pistao_InicioProcesso1 := 0;
    Pistao_InicioProcesso2 := 0;
    DosadorOcupado := 0;
    Supervisorio_TipoProduto := 0;

    // Incrementa o IndexProdutos_Producao caso for menor que 49, caso contrário zera
    IF (IndexProdutos_Producao < 26) THEN
        IndexProdutos_Producao := IndexProdutos_Producao + 1;
    ELSE
        IndexProdutos_Producao := 0;

        FOR ContFOR:=0 TO 26 BY 1 DO
            Produtos[ContFOR] := 0;
            ProdutosPeso[ContFOR] := 0;
        END_FOR;
    END_IF;
END_IF;

// Comanda os pistões
Pistao_4_Dosagem := Timer_MisturadorPistao1.DN AND Libera_Comando; //Modificação REV01
Motor_4_Dosagem := Timer_MisturadorMotor.DN AND Libera_Comando; //Modificação REV01
Pistao_5_Dosagem := Timer_MisturadorPistao2.DN AND Libera_Comando; //Modificação REV01
Pistao_3_Dosagem := Timer_DispenserPistao.DN AND Libera_Comando; //Modificação REV01

```

Fonte: Do autor (2020).

Figura 66 – Programa de sub rotina pesando potes

```

////////////////////////////////////
// Controle da mini planta de sólidos //
// Escrito por Eric de Quadros //
// Rotina: Balança //
// Descrição: Faz a balança dos potes //
////////////////////////////////////

// Controla o índice dos vetores
IndiceMedidasCelulaCarga := IndiceMedidasCelulaCarga+1;
IF (IndiceMedidasCelulaCarga >= 10) THEN
    IndiceMedidasCelulaCarga := 0;
END_IF;

// Adiciona a leitura da entrada analógica no vetor
MedidasCelulaCarga1[IndiceMedidasCelulaCarga] := Local:3:I.Ch0Data;
MedidasCelulaCarga2[IndiceMedidasCelulaCarga] := Local:3:I.Ch1Data;

// Faz as médias das leituras
MediaMedidasCelulaCarga1 := (MedidasCelulaCarga1[0] + MedidasCelulaCarga1[1] + MedidasCelulaCarga1[2] + MedidasCelulaCarga1[3] +
MediaMedidasCelulaCarga2 := (MedidasCelulaCarga2[0] + MedidasCelulaCarga2[1] + MedidasCelulaCarga2[2] + MedidasCelulaCarga2[3] +

//Continuação do programa acima cortado na imagem
//+ MedidasCelulaCarga1[4] + MedidasCelulaCarga1[5] + MedidasCelulaCarga1[6] + MedidasCelulaCarga1[7] + MedidasCelulaCarga1[8] +
//+ MedidasCelulaCarga2[4] + MedidasCelulaCarga2[5] + MedidasCelulaCarga2[6] + MedidasCelulaCarga2[7] + MedidasCelulaCarga2[8] +

// Aplica a fórmula retirada da linha de tendência de um gráfico do excel com os valores de peso de referência
PesoCelulaCarga1 := 0.209 * MediaMedidasCelulaCarga1 - 1730;
PesoCelulaCarga2 := 0.206 * MediaMedidasCelulaCarga2 - 1430;

// Faz a média dos dois resultados e chega no peso do pote
PesoCelulaCarga := ((PesoCelulaCarga1 + PesoCelulaCarga2)/2);
IF (PesoCelulaCarga < 0) THEN
    PesoCelulaCarga := 0;
END_IF;

```

Fonte: Do autor (2020).

Figura 67 – Programa de sub rotina dispensando tampas

```

////////////////////////////////////
// Controle da mini planta de sólidos //
// Escrito por Eric de Quadros //
// Rotina: Dispenser de tampas //
// Descrição: DispensandoTampascontrola o dispenser //
// de tampas //
////////////////////////////////////

Pulso_Sensor_ColocaTampas_Subida.InputBit := Sensor_ColocaTampas AND Libera_Comando; //Modificação REV01 //COLOCAR ESSE NO LUGA
OSRI(Pulso_Sensor_ColocaTampas_Subida);

IF ((Pulso_Sensor_ColocaTampas_Subida.OutputBit)) THEN
    Pistao_PosicionaColocaTampas := 1;
END_IF;

// Conta um intervalo entra a detecção pelo sensor e a chegada no pistão que tranca o processo
Timer_Pistao_ColocaTampasIntervalo.PRE := 1000;
Timer_Pistao_ColocaTampasIntervalo.Reset := 0;
Timer_Pistao_ColocaTampasIntervalo.TimerEnable := Pulso_Sensor_ColocaTampas_Subida.OutputBit;
TOFR(Timer_Pistao_ColocaTampasIntervalo);

// Aciona o pistão assim que o intervalo passa
Pulso_Timer_Pistao_ColocaTampasIntervalo.InputBit := Timer_Pistao_ColocaTampasIntervalo.DN;
OSFI(Pulso_Timer_Pistao_ColocaTampasIntervalo);

Timer_Pistao_ColocaTampas.PRE := 1000;
Timer_Pistao_ColocaTampas.Reset := 0;
Timer_Pistao_ColocaTampas.TimerEnable := Pulso_Timer_Pistao_ColocaTampasIntervalo.OutputBit;
TOFR(Timer_Pistao_ColocaTampas);
Pistao_ColocaTampas := Timer_Pistao_ColocaTampas.DN;

// Fecha o pistão depois do tempo aberto e destrava o processo
Pulso_Timer_Pistao_ColocaTampas_Descida.InputBit := Timer_Pistao_ColocaTampas.DN;
OSFI(Pulso_Timer_Pistao_ColocaTampas_Descida);

IF (Pulso_Timer_Pistao_ColocaTampas_Descida.OutputBit) THEN
    Pistao_PosicionaColocaTampas := 0;
END_IF;

```

Fonte: Do autor (2020).

Figura 68 – Programa de sub rotina selando potes parte 1

```

////////////////////////////////////
// Controle da mini planta de sólidos //
// Escrito por Eric de Quadros //
// Rotina: Selando //
// Descrição: Controla o pistão que faz o selamento //
// dos potes //
////////////////////////////////////

// Se houve o pulso no sensor de selamento, inicia o processo de selamento
IF ((Pulso_Sensor_SelamentoTampas_SubidaOUT) AND (Libera_Comando)) THEN //Modificação REV01

    Selando := 1;

END_IF;

IF (Selando) THEN
    // Aciona a primeira batida assim que o processo de selamento for iniciado
    Timer_SelandoBatida1.PRE := 3500;
    Timer_SelandoBatida1.Reset := 0;
    Timer_SelandoBatida1.TimerEnable := Pulso_Sensor_SelamentoTampas_SubidaOUT;
    TOFR(Timer_SelandoBatida1);

    // Contabiliza um intervalo entre a primeira e a segunda batida, logo após a primeira
    Pulso_Timer_SelandoBatida1_Descida.InputBit := Timer_SelandoBatida1.DN;
    OSFI(Pulso_Timer_SelandoBatida1_Descida);

    Timer_SelandoIntervalo.PRE := 500;
    Timer_SelandoIntervalo.Reset := 0;
    Timer_SelandoIntervalo.TimerEnable := Pulso_Timer_SelandoBatida1_Descida.OutputBit;
    TOFR(Timer_SelandoIntervalo);

    // Aciona a segunda batida após o intervalo
    Pulso_Timer_SelandoIntervalo_Descida.InputBit := Timer_SelandoIntervalo.DN;
    OSFI(Pulso_Timer_SelandoIntervalo_Descida);

    Timer_SelandoBatida2.PRE := 2000;
    Timer_SelandoBatida2.Reset := 0;
    Timer_SelandoBatida2.TimerEnable := Pulso_Timer_SelandoIntervalo_Descida.OutputBit;
    TOFR(Timer_SelandoBatida2);

    // Desativa o processo de selamento após a segunda batida
    Pulso_Timer_SelandoBatida2_Descida.InputBit := Timer_SelandoBatida2.DN;
    OSFI(Pulso_Timer_SelandoBatida2_Descida);

    IF (Pulso_Timer_SelandoBatida2_Descida.OutputBit) THEN
        Selando := 0;
    END_IF;
END_IF;

```

Fonte: Do autor (2020).

Figura 69 – Programa de sub rotina selando potes parte 2

```

// Controla o pistão de selamento baseado nas saídas dos timers
IF ((Timer_SelandoBatida1.DN) OR (Timer_SelandoBatida2.DN)) THEN

    IF (Libera_Comando) THEN //Modificação REV01
        Pistao_SelamentoTampas := 1; //Modificação REV01
    ELSE //Modificação REV01
        Pistao_SelamentoTampas := 0; //Modificação REV01
    END_IF; //Modificação REV01
ELSE
    Pistao_SelamentoTampas := 0;
END_IF;

// Gera um pulso na descida do sinal de selamento, ou seja, ao final do processo
Pulso_Selamento_Descida.InputBit := Selando;
OSFI(Pulso_Selamento_Descida);
Pulso_Selamento_DescidaOUT := Pulso_Selamento_Descida.OutputBit;

```

Fonte: Do autor (2020).

Figura 70 – Programa de sub rotina estocagem de potes parte1

```
////////////////////////////////////////////////////////////////////
// Controle da mini planta de sólidos //
// Escrito por Eric de Quadros //
// Rotina: Estocagem //
// Descrição: Envia o sinal para o FANUC //
//////////////////////////////////////////////////////////////////

// Se foi gerado um pulso no sensor da esteira 3, incrementa em 1 a variável de produtos para estocar
IF ((Pulso_Sensor_RFID_Esteira3OUT) AND (Libera_Comando)) THEN //Modificação REV01
    ContagemProdutosParaEstocar := ContagemProdutosParaEstocar+1;
END_IF;

// Se há no mínimo um produto para estocar aciona as saídas do FANUC por tempos determinados para cada tipo de produto
IF (ContagemProdutosParaEstocar > 0) THEN
    IF (Produtos[IndiceProdutos_Estoque] = 1) THEN
        Timer_Estocando.PRE := 13000;
    ELSIF (Produtos[IndiceProdutos_Estoque] = 2) THEN
        Timer_Estocando.PRE := 11000;
    ELSIF (Produtos[IndiceProdutos_Estoque] = 3) THEN
        Timer_Estocando.PRE := 9000;
    END_IF;

    Timer_Estocando.Reset := Timer_Estocando.DN;
    Timer_Estocando.TimerEnable := 1;
    TONR(Timer_Estocando);

    Pulso_Timer_Estocando_Subida.InputBit := Timer_Estocando.DN;
    OSRI(Pulso_Timer_Estocando_Subida);

    IF (Pulso_Timer_Estocando_Subida.OutputBit) THEN
        ContagemProdutosParaEstocar := ContagemProdutosParaEstocar -1;

        IF (IndiceProdutos_Estoque < IndiceProdutos_Producao) THEN
            IndiceProdutos_Estoque := IndiceProdutos_Estoque +1;
        END_IF;
    END_IF;

    IF (Produtos[IndiceProdutos_Estoque] = 1) THEN
        FANUC_Produto1MEM := NOT Timer_Estocando.DN;
        FANUC_Produto2MEM := 0;
        FANUC_Produto3MEM := 0;
    ELSIF (Produtos[IndiceProdutos_Estoque] = 2) THEN
        FANUC_Produto1MEM := 0;
        FANUC_Produto2MEM := NOT Timer_Estocando.DN;
        FANUC_Produto3MEM := 0;
    ELSIF (Produtos[IndiceProdutos_Estoque] = 3) THEN
        FANUC_Produto1MEM := 0;
        FANUC_Produto2MEM := 0;
        FANUC_Produto3MEM := NOT Timer_Estocando.DN;
    ELSE
        FANUC_Produto1MEM := 0;
        FANUC_Produto2MEM := 0;
        FANUC_Produto3MEM := 0;
    END_IF;
END_IF;
```

Fonte: Do autor (2020).

Figura 71 – Programa de sub rotina parte 2

```
// Gera delays no acionamento das saídas, para o tempo entre detecção do produto pelo sensor da esteira 3 e o fim do processo
TIMERatraso_FANUC_Produto1.PRE := 4000;
TIMERatraso_FANUC_Produto1.Reset := Timer_Estocando.DN;
TIMERatraso_FANUC_Produto1.TimerEnable := FANUC_Produto1MEM;
TONR(TIMERatraso_FANUC_Produto1);
FANUC_Produto1 := TIMERatraso_FANUC_Produto1.DN AND Libera_Comando; //Modificação REV01

TIMERatraso_FANUC_Produto2.PRE := 4000;
TIMERatraso_FANUC_Produto2.Reset := Timer_Estocando.DN;
TIMERatraso_FANUC_Produto2.TimerEnable := FANUC_Produto2MEM;
TONR(TIMERatraso_FANUC_Produto2);
FANUC_Produto2 := TIMERatraso_FANUC_Produto2.DN AND Libera_Comando; //Modificação REV01

TIMERatraso_FANUC_Produto3.PRE := 4000;
TIMERatraso_FANUC_Produto3.Reset := Timer_Estocando.DN;
TIMERatraso_FANUC_Produto3.TimerEnable := FANUC_Produto3MEM;
TONR(TIMERatraso_FANUC_Produto3);
FANUC_Produto3 := TIMERatraso_FANUC_Produto3.DN AND Libera_Comando; //Modificação REV01
```

Fonte: Do autor (2020).

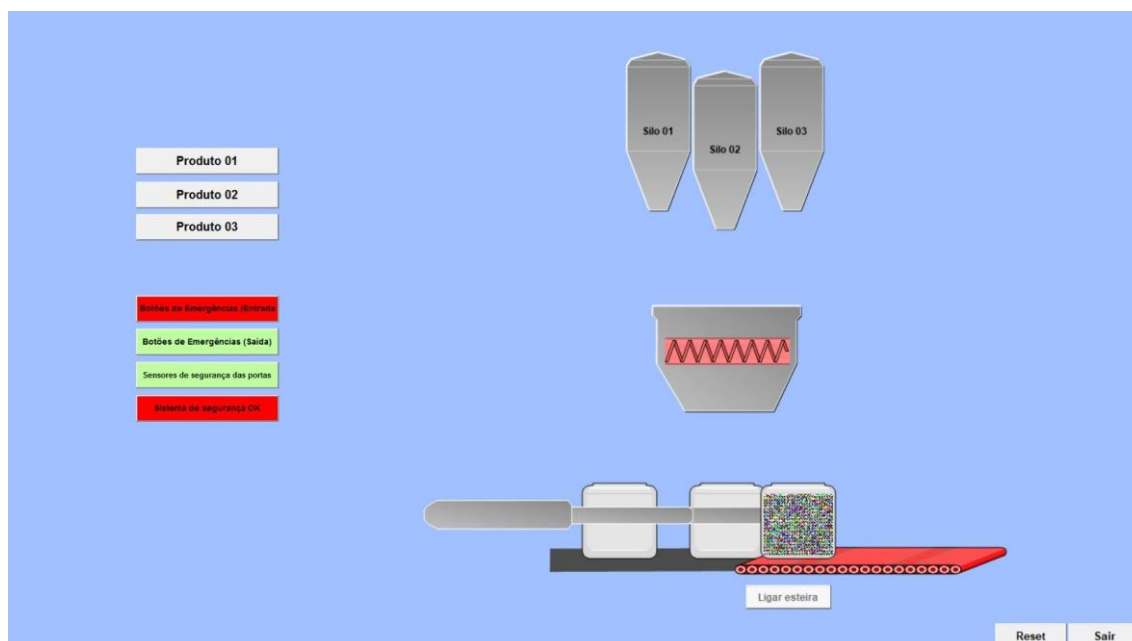
4.4 Operação e Sistema supervisório da planta

O sistema supervisório foi modificado do original, e este que é o atual foi desenvolvido de forma simples e pode ser visualizado na Figura 38. do capítulo 2.8.1 deste trabalho. O mesmo não possui telas de identificação de alarmes, telas de acionamento manual, nem mesmo tela de manutenção. Seu acionamento é limitado pelo botão de ligar a esteira, pelo botão de reinício de ciclo e pela seleção dos 3 tipos de receitas não configuráveis. Possui animações de movimentação do misturador, e da esteira 1 onde as mesmas ficam na cor verde quando acionadas, os potes possuem animação de estimativa de movimentação na dosagem e na esteira 1, também possui representação de pote cheio e pote vazio.

Como o objetivo deste trabalho é a NR12, não foram feitas grandes alterações e melhorias no supervisório, somente foram adicionados 4 animações de sinalização de segurança compostas por emergências frontais e traseiras acionadas, por sensores das portas intertravadas acionadas, e a ultima relacionada ao sistema de segurança OK que é habilitada quando o CLP recebe o sinal de liberação do comando, assim quando um sistema não esta conforme o campo fica vermelho, e quando a situação é normalizada fica verde.

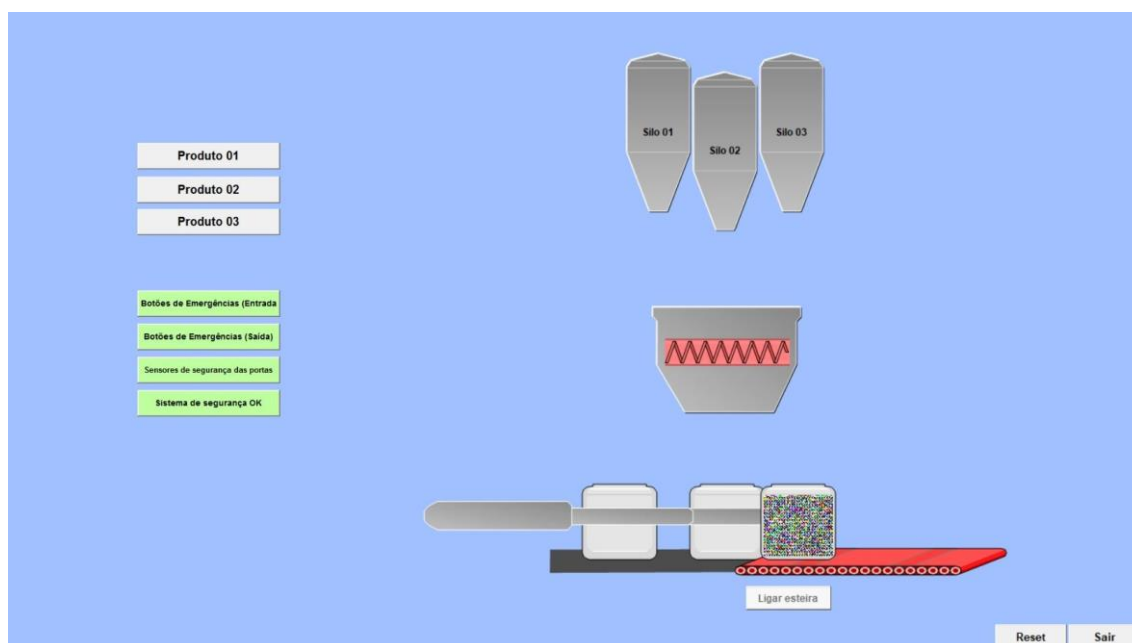
Assim a operação da planta ficou próxima da semelhante, com a diferença que agora o botão de liga/desliga comando deve ser pressionado para ligar ou deligar a máquina, o botão de liga esteira no supervisório continua acionando a esteira 1, e as esteiras 2 e 3 ligam nas manoplas de comando no painel elétrico. Logo após as condições de segurança serem normalizadas; emergências desacionadas e portas fechadas; o botão de rearme de segurança deve ser pressionado, e após o botão de liga/desliga comando também, após liga-se a esteira 1 e seleciona-se o produto no supervisório. Caso o sistema de segurança seja acionado durante o processo de dosagem do pote; ao acionar uma emergência ou abrir alguma porta; este deve ser descartado pois seu peso não será confiável. Segue abaixo visualização das telas de supervisório nas Figuras 72 e 73:

Figura 72 – Modificação no supervisório para situação de Segurança Acionada



Fonte: Do autor (2020).

Figura 73 – Modificação no supervisório para situação de Segurança Normal



Fonte: Do autor (2020).

4.5 Projeto elétrico

O diagrama elétrico, *layout* do painel elétrico de segurança podem ser visualizados no APENDICE A, lista de material esta no APENDICE B e lista de I/Os no APENDICE C deste trabalho. O layout que demonstra as dimensões, partes construtivas e o posicionamento dos componentes elétricos pode ser visualizado nas páginas 5 a 10.

Nas pagina 11 pode ser visualizado a alimentação elétrica da máquina e a seccionadora geral do painel elétrico. Ná pagina 12 esta representado a fonte de 24Vcc/20A que alimenta os motores, e na página 15 pode se ver a fonte de alimentação 24Vcc/2,5A que alimenta todos dispositivos de comando e válvulas solenoides penumáticas. Os contactores de segurança KS1 e KS2 que realizam o seccionamento seguro dos motores e seus acionamentos K1, K2, K3, K4, K5 e K6 podem ser vistos nas paginas 13 e 14. Os acionamentos dos contatores de segurança estão representados na página 25, e os sinais NF de retorno de segurança dos contactores que fazem parte da identificação de falhas estão demonstrados na página 23, junto com o circuito de comando e rearme da segurança, estas ligações elétricas de identificação de falha e bloqueio de comando de liga , são referenciadas pela categoria de segurança 3.

Nas páginas 27 a 32 esta a representação dos cartões do CLP convencional com suas alimentações e identificação das entradas e saídas. Cada cartão tem as identificações de onde esta conectado cada borne, e mostra a representação do endereço e a página onde está sendo utilizado.

Na página 24 esta o acionamentos de comando de liga e desliga e o sinal de habilita o comando, estes conectados as entradas do CLP. Os os sinais de identificação de segurança acionada para visualização no supervisório estão nas pagindas decada um dos três (3) relés de segurança.

Da página 17 até a 23 estão representados todos os dispositivos de segurança solicitados pela APR, onde pode-se ver que o monitoramento é efetuado por três (3) relés de segurança. Conforme a Figura 28. do capítulo 2.5.5.5 que trata da definição da categoria de segurança 3, foi projetado a lógica da parada de segurança para os botões de emergência e sensores de segurança das portas, nota-se que nesta

categoria é permitido a ligação em serie de dispositivos de segurança do mesmo tipo, monitorados pelos relés de segurança.

O acionamento seguro válvula pneumática de segurança é efetuado pelos contactores KS3 e KS4, e seus sinais de retorno de segurança estão sendo representados nas página 26, notem que todo acionamento é feito de forma redundante, e que os sinais de retorno estão ligados em serie com os contatos de retorno dos contactores de segurança, permitindo assim o rearme da segurança somente se não for detectado nenhuma falha nestes componentes, que podem ser de contactores colados ou ainda de travamento da válvula de segurança. Estas ligações elétricas são referenciadas pela categoria de segurança 3, e so se tornaram possíveis sem o uso de um CLP de segurança, devido ao uso da válvula de segurança com contatos eletromecânicos de retorno, estes que podem ser inseridos no circuito de rearme de segurança atendendo a categoria 3.

O quatro (4) sensores óticos de verificação de pote posicionado para início, pote na posição para receber a tampa, pote posicionado para fechamento da tampa e contagem de potes, podem ser visualizados na página 37, notem que os mesmos são de modelos com retorno de sinal negativo (NPN), logo teve que ser projetado sua interligação com relés interface para inverter este sinal e enviar ate as entradas do CLP. Estão representados nas páginas 38 e 39 os acionamentos dos réles de interface que acionam as válvulas pneumáticas, estas comandadas pelo CLP convencional.

Referente a parte de sinais analógicos, no CLP somente é utilizado o cartão de entrada analógicas para medição de peso. Assim foram mantidas as duas (2) células de carga da planta, a fonte de 10Vcc simétrica que alimenta o conversor analógico, este que converte o sinal analógico das célulaa de carga para 0 a 10Vcc e envia para a entrada analógica do CLP. Estes componentes e suas ligações podem ser visualizados na página 31.

5 RESULTADOS

O resultado sera apresentado através da avaliação final de risco, utilizando a metodologia HRN, este processo geralmente é efetuado após a execução da adequação à NR12, como a execução não foi realizada ainda, esta avaliação sera realizada com base no nível de risco futuro, após a planta de polímeros do laboratório de automação da Univates; situado na sala 403 do prédio 11; estar adequada à NR12. Serão utilizadas exemplo de imagens de máquinas adequadas para se ter uma noção mais visual do resultado.

Os valores resultantes desta avaliação final de risco seriam adquiridos após a execução do projeto elétrico, montando o painel o elétrico de segurança, conforme o diagrama elétrico que pode ser visualizado no APÊNDICE A, e aplicando as recomendações das instalações elétricas desenvolvidas da APR mencionadas no capítulo 4.1 deste trabalho.

Apesar deste trabalho ser feito com uma perspectiva elétrica, foram feitas todas análises das partes envolvidas para uma adequação completa à NR12, assim ela deve contemplar alem dos 3 documentos desenvolvidos neste trabalho; APR, avaliação final de risco e projeto elétrico; também todos documentos exigidos como: laudo de aterramento, certificados dos componentes de segurança, manual de operação e manutenção, projeto mecânico das proteções mecânicas fixas e móveis, projeto pneumático, ARTs destes projetos e da AR, e por ultimo o certificado de treinamentos realizados com operadores e manutenção. Estes que não foram desenvolvidos neste trabalho, mas todas recomendações devem ser seguidas e aplicadas na máquina conforme o risco analisado na APR.

5.1 Avaliação final de risco

A avaliação de risco deve ser feita com base nos índices e riscos encontrados na APR, com o intuito avaliar se foram reduzidos a um valor aceitável com nível de risco HRN recomendável de 0 a 5; denominado desprezível; conforme está demonstrado na Tabela 6 do capítulo 2.5.6 deste trabalho.

Iniciando a avaliação de risco pelas proteções fixas e móveis intertravadas da máquina, que atualmente esta com um nível de risco alto com o valor de 80. Assim aplicando as recomendações da APR nas 3 partes da máquina: dosagem, fechamento de potes e esteiras. O nível de risco passará a ser desprezível reduzindo o valor para 0,264 conforme apresenta a Tabela 22.

Este resultado é devido as proteções mecânicas fixas a serem instaladas no funil Nº1, nos eixos dos motores das roscas na parte de dosagem e nos eixos dos motores e nos mancais das esteiras, também devido a instalação de proteções mecânicas fixas perimetrais em volta das zonas de risco impedindo o acesso de pessoas, e com a instalação das proteções móveis intertravadas para o operador ter acesso seguro as zonas de risco. Podemos comparar o resultado futuro com exemplos de aplicação nas Figuras 74 e 75 abaixo:

Tabela 22 – HRN futuro, proteções fixas e móveis intertravadas

Parâmetro	Descrição	Valor
Probabilidade de ocorrência (LO)	Impossível	0,033
Frequência de exposição (FE)	Mensalmente	1
Grau da possível lesão (DPH)	Perda de 1 membros	4
Número de pessoas expostas (NP)	3-7 pessoas	2
Nível de risco	Desprezível	0,264

Fonte: Do autor (2020).

Figura 74 – Exemplo de aplicação de proteção mecânica fixa perimetral



Fonte: Thesing (2018).

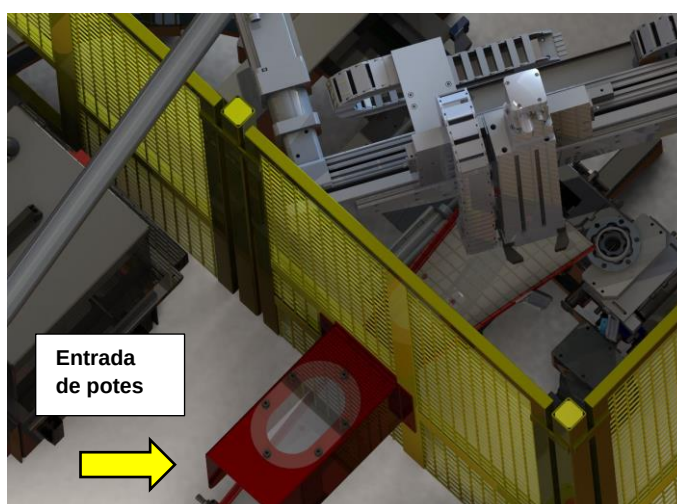
Figura 75 – Exemplo de aplicação de proteção mecânica móvel



Fonte: Thesing (2018).

Conforme foi descrito na APR na recomendação para eficiência da máquina, devido a abertura da proteção móvel para colocação de potes implicar na parada do sistema de pneumático de dosagem, estima-se que esta parada causa erros de pesagem, tornando assim a pesagem não confiável. Logo foi recomendado a instalação de uma rampa para inserção de potes dentro da máquina, esta que começa fora da máquina passa pelas proteções fixas e chega até no ponto de entrada do pote, nesta rampa deve ser instalada com um duto que distancia o acesso em 850mm da zona de perigo. Pode-se ver na figura 66 abaixo um exemplo de aplicação desta rampa:

Figura 76 – Exemplo de aplicação de rampa para colocação de potes



Fonte: Do autor (2018).

No item dispositivos de parada de emergência e rearme do sistema de segurança, o risco atual é considerado alto com valor de 64, após a aplicação das recomendações conforme APR, com a instalação de 4 botões de emergência em todos os pontos de operação, de sensores de segurança para monitorar as 2 portas de acesso, e botões de rearme de segurança, estes monitorados através de relés de segurança conforme projetado no APENDICE A deste trabalho, o nível de risco passa a ser desprezível, com valor de 0,264, conforme Tabela 23. Podemos comparar o resultado futuro com exemplos de aplicação nas Figuras 77 e 78 abaixo:

Figura 77 – Exemplo de aplicação de botão de emergência e rearme



Fonte: Thesing (2018).

Figura 78 – Exemplo de aplicação de chave magnética RFID



Fonte: Thesing (2018).

Tabela 23 – HRN futuro, dispositivos de parada de emergência e rearme do sistema de segurança

Parâmetro	Descrição	Valor
Probabilidade de ocorrência (LO)	Impossível	0,033
Frequência de exposição (FE)	Mensalmente	1
Grau da possível lesão (DPH)	Perda de 1 membro	4
Número de pessoas expostas (NP)	3-7 pessoas	2
Nível de risco	Desprezível	0,264

Fonte: Do autor (2020).

Para os dispositivos de partida, acionamento e parada o risco atual é baixo porem significativo com valor de 40, após a instalação dos 4 contactores de segurança para seccionamento dos motores e válvula de segurança a ser instalada, o risco será desprezível para este item com valor de 0,264, conforme Tabela 24. Podemos comparar o resultado futuro com um exemplo de aplicação na Figura 79 abaixo:

Figura 79 – Exemplo de aplicação de chave magnética RFID



Fonte: Thesing (2018).

Tabela 24 – HRN futuro, dispositivos de partida, acionamento e parada

Parâmetro	Descrição	Valor
Probabilidade de ocorrência (LO)	Impossível	0,033
Frequência de exposição (FE)	Mensalmente	1
Grau da possível lesão (DPH)	Perda de 1 membro	4
Número de pessoas expostas (NP)	3-7 pessoas	2
Nível de risco	Desprezível	0,264

Fonte: Do autor (2020).

O nível de risco atual para o comando elétrico é alto com valor de 150, após a aplicação das recomendações com: a fabricação de um quadro elétrico com tranca com chave para dispor os componentes elétricos; de forma a mantê-los inacessíveis para pessoas não autorizadas; após a substituição do cabo de alimentação elétrica, e após a modificação do comando de forma a não permitir seu acionamento automático quando a máquina for energizada conforme APENDICE A desse trabalho. Assim o risco se torna desprezível e tem valor de 0,99 conforme mostra a Tabela 25. Podemos comparar o resultado futuro com exemplos de aplicação nas Figuras 79 e 80.

Figura 80 – Exemplo de aplicação de quadro elétrico trancado e sinalizado



Fonte: Thesing (2018).

Tabela 25 – HRN futuro, comando elétrico

Parâmetro	Descrição	Valor
Probabilidade de ocorrência (LO)	Impossível	0,033
Frequência de exposição (FE)	Mensalmente	1
Grau da possível lesão (DPH)	Fatalidade	15
Número de pessoas expostas (NP)	3-7 pessoas	2
Nível de risco	Desprezível	0,99

Fonte: Do autor (2020).

O sistema de desligamento seguro esta com o risco alto com valor de 60, após a instalação da seccionadora geral com sistema de bloqueio por cadeado no painel elétrico a ser fabricado, e substituindo o plugue da máquina pelo padrão ABNT atualizado, a máquina passará a ter risco desprezível com valor de 0,99, conforme Tabela 26. Podemos comparar o resultado futuro com um exemplo de aplicação na Figura 81 abaixo:

Figura 81 – Exemplo de aplicação de seccionadora geral



Fonte: Thesing (2018).

Tabela 26 – HRN futuro, desligamento seguro

Parâmetro	Descrição	Valor
Probabilidade de ocorrência (LO)	Impossível	0,033
Frequência de exposição (FE)	Mensalmente	1
Grau da possível lesão (DPH)	Fatalidade	15
Número de pessoas expostas (NP)	3-7 pessoas	2
Nível de risco	Desprezível	0,99

Fonte: Do autor (2020).

O risco atual para o aterramento elétrico é alto com valor de 150, após efetuar equipotencialização das partes metálicas, painel elétrico, motores e estrutura da máquina, conforme diagrama elétrico do APENDICE A deste trabalho, o risco será

reduzido para desprezível com valor de 0,99 disponível na Tabela 27. Podemos comparar o resultado futuro com um exemplo de aplicação na Figura 82 abaixo:

Figura 82 – Exemplo de aplicação de aterramento no painel elétrico



Fonte: Thesing (2018).

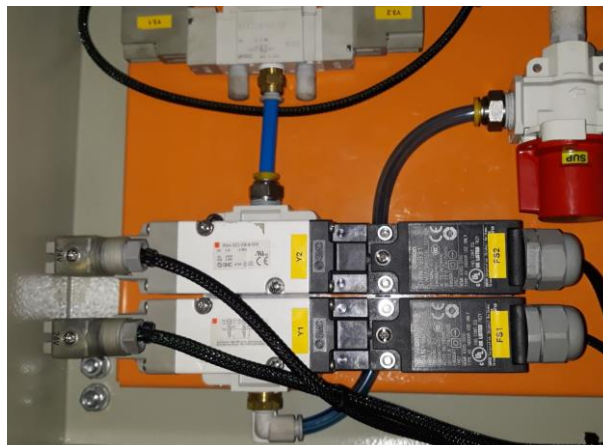
Tabela 27 – HRN futuro, aterramento elétrico

Parâmetro	Descrição	Valor
Probabilidade de ocorrência (LO)	Impossível	0,033
Frequência de exposição (FE)	Mensalmente	1
Grau da possível lesão (DPH)	Fatalidade	15
Número de pessoas expostas (NP)	3-7 pessoas	2
Nível de risco	Desprezível	0,99

Fonte: Do autor (2020).

Referente aos dispositivos pneumáticos, devido a inexistência de válvula de segurança pneumática o risco atual é baixo porem significativo com valor de HRN de 64, após a instalação da válvula de segurança e da modificação das válvulas pneumáticas de processo para dentro de uma caixa ou painel, com a substituição das mangueiras que não tem identificação de pressão máxima de trabalho, acomodando estas dentro de uma calha ou tubo de proteção. O risco se torna desprezível com valor de 0.264 conforme mostra a Tabela 28. Podemos comparar o resultado futuro com um exemplo de aplicação na Figura 83 abaixo:

Figura 83 – Exemplo de aplicação de válvula de segurança pneumática



Fonte: Thesing (2018).

Tabela 28 – HRN futuro, dispositivos pneumáticos

Parâmetro	Descrição	Valor
Probabilidade de ocorrência (LO)	Impossível	0,033
Frequência de exposição (FE)	Mensalmente	1
Grau da possível lesão (DPH)	Perda de 1 membro	4
Número de pessoas expostas (NP)	3-7 pessoas	2
Nível de risco	Desprezível	0,264

Fonte: Do autor (2020).

O risco atual relacionado aos meios de acesso permanente é alto com valor de 64, isso devido inexistência de um meio de acesso pois a altura de 2100mm dos sílos onde existe a necessidade de constante reabastecimento se torna perigosa visto a utilização de móveis ou outros meios para abastecer os silos. Logo após a aplicação das recomendações da APR, referentes a fabricação e instalação de uma escada de degraus sem espelho e uma plataforma ambas com sistema de proteção contra quedas o risco se torna desprezível com valor de 0,264, conforme mostra a Tabela 29. Pode-se ver uma exemplo de desenho de construtivo da escada sem espelho na Figura 34 do capítulo 2.6.7 deste trabalho.

Tabela 29 – HRN futuro, meios de acesso permanente

Parâmetro	Descrição	Valor
Probabilidade de ocorrência (LO)	Impossível	0,033
Frequência de exposição (FE)	Mensalmente	1
Grau da possível lesão (DPH)	Perda de 1 membro	4
Número de pessoas expostas (NP)	3-7 pessoas	2
Nível de risco	Desprezível	0,264

Fonte: Do autor (2020).

Atualmente a sinalização da máquina é inexistente, assim o risco atual é baixo porem significativo com valor de 16. Após a instalação no painel elétrico a ser fabricado das placas de aviso sobre o perigo de choque elétrico e a permissão de acesso somente a pessoas autorizadas, da instalação de placas nas proteções fixas; a serem fabricadas; nos pontos de risco identificando os perigos, inclusive das identificações das emergências, a redução de risco será desprezível com valor de 0,264 conforme mostra a Tabela 30. Podemos comparar o resultado futuro com exemplos de aplicação nas Figura 75 e 80.

Tabela 30 – HRN futuro, sinalização

Parâmetro	Descrição	Valor
Probabilidade de ocorrência (LO)	Impossível	0,033
Frequência de exposição (FE)	Mensalmente	1
Grau da possível lesão (DPH)	Perda de 1 membro	4
Número de pessoas expostas (NP)	3-7 pessoas	2
Nível de risco	Desprezível	0,264

Fonte: Do autor (2020).

Atualmente o risco HRN geral da máquina é considerado alto com valor de 300, após a aplicação das recomendações descritas na APR, o nível de risco da máquina após a adequação à NR12 será de 0,99, considerado desprezível. Assim

como se pode ver o risco de uma pessoa sofrer um acidente hoje na máquina é alto, e após a execução futura passará a ser praticamente nula.

Tabela 31 – HRN geral futuro da planta de polímeros

Parâmetro	Descrição	Valor
Probabilidade de ocorrência (LO)	Impossível	0,033
Frequência de exposição (FE)	Mensalmente	1
Grau da possível lesão (DPH)	Fatalidade	15
Número de pessoas expostas (NP)	3-7 pessoas	2
Nível de risco	Desprezível	0,99

Fonte: Do autor (2020).

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentada uma análise de uma Planta de Polímeros em relação às exigências da NR12 e uma proposta de adequação à norma, projetando um novo sistema elétrico de segurança. A Planta citada, que localiza-se no Laboratório de Automação da Universidade do Vale do Taquari - Univates, foi elegida, pois, em uma análise preliminar, surgiu a hipótese de que a planta de polímeros não estivesse em estado de segurança ao ponto de evitar possíveis acidentes quando em funcionamento em momentos de aulas práticas. Com o intuito de contribuir com a segurança na formação dos estudantes dos cursos de Engenharia tal e tal que utilizam a planta para fins pedagógicos, buscou-se obter uma solução simples de projeção de um sistema elétrico de segurança que atendesse as exigências da NR12. O propósito foi reduzir ao máximo os riscos presentes na máquina, de modo a contribuir para que não ocorram acidentes, ou que a Universidade seja autuada pelo Ministério do Trabalho.

O primeiro objetivo específico foi analisar as necessidades de adequação da Planta de Polímeros às exigência impostas pela NR12, o que exigiu um estudo das normas NR 12, ABNT NBR ISO 12100 e ABNT NBR 14153. Como estas normas apenas definem um método qualitativo para estimativa e redução de risco, foi necessário estudar também o Método HRN que é um metodologia quantitativa para estimativa e redução de riscos. Com estes estudos, foi possível desenvolver a Análise Preliminar de Riscos, e verificar a necessidade de adequação da planta de polímeros.

Com o intuito de analisar os riscos envolvidos na ausência da adequação da Planta de Polímeros à NR12 através das normas ABNT NBR ISO 12100 e ABNT

NBR 14153, segundo objetivo específico, foi realizada uma Análise Preliminar de Risco (APR). A necessidade de adequação da planta foi evidenciada através da APR, com a qual pode-se observar que muitos itens apresentaram risco alto, e que os estudantes que utilizam a planta podem vir a sofrer algum acidente no decorrer de aulas práticas. Os itens mais críticos verificados foram os riscos altos situados: na comporta de dosagem no funil Nº 2 logo acima de onde se coloca o pote, no sistema pneumático de fechamento da tampa, e risco de choque elétrico nos componentes expostos que são alimentados em 220Vac. O fator atenuante foi a frequência de exposição a estes riscos, circunstância que ocorre semestralmente devido a planta ser utilizada para o desenvolvimento de exercícios em algumas aulas da disciplina tal que é ofertada semestralmente.

O terceiro objetivo específico deste trabalho foi recomendar todas as ações para adequação à NR12, na perspectiva do sistema elétrico. Após a realização da APR da Planta de Polímeros, através do estudo dos tipos de componentes elétricos e pneumáticos de segurança e seu funcionamento, foram feitas recomendações de aplicação embasadas na NR12.

Dessa maneira, foi possível desenvolver um projeto elétrico para adequação à NR12, como previsto no quarto objetivo específico. O projeto foi composto com lista de materiais elétricos dos principais componentes, lista de I/Os para a construção de um painel elétrico e adequação à NR12 da máquina com uma perspectiva elétrica. Também foram realizadas adequações no sistema de automação, através da modificação da lógica do programa no CLP convencional, relacionadas à bloqueios de comando, e no supervisão, através da inserção de indicadores na parte do sistema de segurança que foi acionado, e se o mesmo estivesse em condição normal para funcionamento.

Com o intuito de desenvolver o último objetivo específico, foi realizada uma avaliação final de riscos em relação ao uso futuro da Planta de Polímeros em exercícios pedagógicos de disciplinas dos cursos de Engenharia da instituição., Com a repetição do Método HRN ao fim da pesquisa, utilizaram-se valores futuros que devem ser encontrados após a execução da adequação à NR12 da planta de polímeros. Como resultado da avaliação final de riscos concluiu-se que o risco da

máquina se tornará desprezível, resultado que permite considerar a planta de polímeros adequada à NR12 e segura para operação e manutenção.

Observa-se que, referente a parte de processo da máquina, haverá impactos somente quando o sistema de segurança for acionado. Nesse sentido, poderá haver perdas no ciclo de dosagem, que ocorre devido ao peso não ser mais confiável, sendo assim o pote deve ser retirado da linha de produção. Além disso, o processo de colocação manual dos potes na máquina continuará o mais próximo possível do original, devido a instalação da rampa de dosagem, onde o operador apenas precisará inserir os potes que deslizam até o ponto de entrada.

Assim se conclui que a adequação à NR12 da Planta de Polímeros do Laboratório de Automação da Universidade do Vale do Taquari – Univates é muito importante para garantir a proteção dos seus colaboradores contra o risco de acidentes. Logo, com a adequação, a instituição se protege contra possíveis despesas em decorrência de autuações do MTE. Por fim, considera-se importante frisar que, em virtude de ser uma pauta atual e recorrente no setor industrial, o ensino da NR12, nos cursos de Engenharia de Produção, Engenharia Elétrica e Engenharia de Controle e Automação, que foram profissionais habilitados a atuarem em projetos relacionados à norma, torna-se de extrema relevância curricular. .

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Segurança de máquinas** – Distâncias de segurança para impedir acesso a zonas de perigo pelos membros superiores. ABNT NBR NM-ISO 13852: Rio de Janeiro, 2003.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Segurança de máquinas** – Partes de sistema de comando relacionados à segurança – Princípios gerais para projeto. NBR 14153: Rio de Janeiro, 1998.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Segurança de máquinas** – Princípios gerais de projeto – Apreciação e redução de riscos. NBR ISO12100: Rio de Janeiro, 2013.

AUTOMATE, Engenharia. **Treinamento NR12 REV03**: Segurança no trabalho em Máquinas e equipamentos. Automate Engenharia: Venâncio Aires, 2017.

BUGS, Vicente Luis Weirich. **Diagrama elétrico 140778**: Mesa de montagem VL HSVL Disco. MultMec: Venâncio Aires, 2018.

CAMPOS, Armando. **Prevenção e controle de risco em máquinas, equipamentos e instalações**. 6. ed. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2012.

CHEMIN, Beatris F. **Manual da Univates para trabalhos acadêmicos**: planejamento, elaboração e apresentação. 3. ed. Lajeado: Ed. da Univates, 2015.

FESTO. **Válvula de alimentação progressiva e de escape rápido MS6-SV-D Níveis de performance d e e**. São Paulo: FESTO, 2020. Disponível em: https://www.festo.com/cms/pt-br_br/54083.htm#. Acesso em: jun. 2020.

GROVER, P. MIKELL. **Automação Industrial e Sistemas de Manufatura**. 3. ed. Cidade: Editora, 2011.

INDÚSTRIA de Máquinas Edward. **Envasadoras automáticas**. São Paulo: Máquinas Edward, 2020. Disponível em: <<http://blog.maquinasedward.com.br/>>. Acesso em: 31 mai. 2020.

INOVE do Brasil. **Esteiras transportadoras**. São Paulo: Inove do Brasil, 2018. Disponível em: <<http://www.inovedobrasil.com.br/produto/esteiras-transportadoras/>>. Acesso em: 05 mai. 2019.

KEYENCE Brasil. **Cortina de luz de segurança visível**. São Paulo: Keyence, 2020. Disponível em: <https://www.keyence.com.br/products/safety/light-curtain/sl-v/features/feature-05.jsp>. Acesso em: jun. 2020.

MÁQUINAS Edward. **Máquinas Dosadoras**. São Paulo: Máquinas Edward, 2020. Disponível em: < <https://www.maquinedward.com.br/dosadoras.html>>. Acesso em: 09 mai. 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 12: Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Brasília: MTE, 2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 12: Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Brasília: MTE, 2019.

MARTINS, Jonatas Campos. **Sistema Toyota de produção** - Just in Time x Just in Case. Disciplina de Administração Industrial. São Leopoldo: UNISINOS, 2015.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Métodos de avaliação de risco e Ferramentas de estimativa de risco utilizados na Europa considerando Normativas Europeias e o caso brasileiro** – Projeto apoio aos diálogos setoriais união europeia. Brasília, DF, 2015.

MORAES, Giovanni. **Legislação segurança e saúde no trabalho**. 10. ed. Normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego. Rio de Janeiro: Gerenciamento Verde Consultoria, Editora e Livraria Virtual LTDA, 2013.

OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de controle moderno**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012.

PELEGRINI, Matheus Samuel. **Automação e aperfeiçoamento de uma planta de manufatura flexível para atividades acadêmicas**. 2014. Monografia (Graduação) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2014.

PHOENIX Contact. **Relé de acoplamento** – PSR-PS20-1NO-24DC-SC-2700356. São Paulo: Phoenix Contact, 2020. Disponível em: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/br/?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2700356&library=brpt&pcck=P-05-01-04-03-01&tab=1&selectedCategory=ALL>. Acesso em: jun. 2020.

PRODANOV, Cleber Cristiano. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

SIEMENS. **Manual de Aplicação Integrada de Segurança Tecnologia industrial de comutação** – SIRIUS Safety Integrated Application. São Paulo: Siemens, 2015.

SIEMENS. **Pasta Indústria: Especificações técnicas** - Jan/20. São Paulo: Siemens, 2020.-. Disponível em: <<https://www.siemens.com.br/fichastecnicas>>. Acesso em: 31 mai. 2020.

STEEL CHRIS. **Risk Estimation Techniques HRN**. Disponível em <<https://www.shponline.co.uk/wp-content/uploads/2015/06/Steel-article-1990.jpg>>. Acesso em: 10 jun. 2020.

THESING, Bruna. **Apreciação preliminar de riscos** – Esteira coletora Four Way. Automate Engenharia: Venâncio Aires, 2018.

TUVRHEINLAND Precisely Right. **Functional Safety Product Assessments**. 2020. Disponível em: <<https://www.tuv.com/world/en/functional-safety-product-certification.html/>>. Acesso em: 31 mai. 2020.

WEG. **Dispositivos de interface humana**. Disponível em <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h8e/h11/WEG-catalogo-solucoes-em-seguranca-50029132-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2019.

WORM, Henrique. **Sistema de identificação e manipulação de produtos em planta de manufatura flexível usando RFID**. 2009. Monografia (Graduação) Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2009.

APÊNDICE A – DIAGRAMA ELÉTRICO

Engenharia de Controle e Automação



☐ Comentário

☐ Aprovação

☒ Fabricação

☐ Execução

☐ As Built

Vicente Weirich

27 / 06 / 2020

DATA

☐ Aprovado

☐ Reprovado

Aprovado com Restrição

Outro:

Nome

DATA

Assinatura

Para uso Cliente

Índice de Revisões

Revisão	Descrição	Data	Projetista	Aprovação
00	Projeto Inicial	22/04/2020	Vicente Weirich	Claudio do Rosário
01	Aprovado para Fabricação	27/06/2020	Vicente Weirich	
02				
03				
04				
05				
06				
07				

UNIVATES



Projeto: TCC2 2020_2 - Painelelêtrico Planta polímeros NR12

Arquivo: TCC 2020_2 - Planta polímeros NR12 Univates REV1.00

Descrição da Página: Capa

Cliente: Universidade do Vale do Taquari

Localização: Av. Avelino Talini, 171 - Universitário, Lajeado - RS, 95914-014

Responsável Técnico: Vicente Weirich

Página: 1 / 47

12345678910

Índice

Página	Descrição
=Folhet de Segurança/1	Capa
=Folhet de Segurança/2	Índice
=Folhet de Segurança/3	Memorial Descritivo
=Folhet de Segurança/4	Memorial Descritivo
=Folhet de Segurança/5	Layout 3D
=Folhet de Segurança/6	Layout 3D
=Folhet de Segurança/7	Detalhes Construtivos do Painel
=Folhet de Segurança/8	Detalhes Construtivos do Painel
=Folhet de Segurança/9	Identificação Componentes Painel
=Folhet de Segurança/10	Detalhes Construtivos da Placa de Montagem
=Folhet de Segurança/11	Equema Entrela de Força
=Folhet de Segurança/12	Equema Entrela de Força
=Folhet de Segurança/13	Equema de Força
=Folhet de Segurança/14	Equema de Força
=Folhet de Segurança/15	Equema Força 24Vcc
=Folhet de Segurança/16	Equema Régua 24VCC / 0VCC
=Folhet de Segurança/17	Equema comando segurança
=Folhet de Segurança/18	Equema comando segurança
=Folhet de Segurança/19	Equema comando segurança
=Folhet de Segurança/20	Equema comando segurança
=Folhet de Segurança/21	Equema comando segurança
=Folhet de Segurança/22	Equema comando segurança
=Folhet de Segurança/23	Equema comando resina
=Folhet de Segurança/24	Equema comando Ujuy/Oesja
=Folhet de Segurança/25	Equema comando segurança
=Folhet de Segurança/26	Equema Vav. Segurança Pneumática
=Folhet de Segurança/27	Equema Alimentação CLP
=Folhet de Segurança/28	Equema Alimentação CLP

Página	Descrição
=Folhet de Segurança/29	Equema comando CLP
=Folhet de Segurança/30	Equema comando CLP
=Folhet de Segurança/31	Equema comando CLP
=Folhet de Segurança/32	Equema comando CLP
=Folhet de Segurança/33	Equema comando CLP
=Folhet de Segurança/34	Equema comando CLP
=Folhet de Segurança/35	Equema comando CLP
=Folhet de Segurança/36	Equema comando CLP
=Folhet de Segurança/37	Equema comando
=Folhet de Segurança/38	Equema comando
=Folhet de Segurança/39	Equema comando
=Folhet de Segurança/40	Equema comando
=Folhet de Segurança/41	Lusa de pcppe
=Folhet de Segurança/42	Lusa de pcppe
=Folhet de Segurança/43	Lusa de L/Os
=Folhet de Segurança/44	Lusa de L/Os
=Folhet de Segurança/45	Lusa de L/Os
=Folhet de Segurança/46	Lusa de L/Os
=Folhet de Segurança/47	Lusa de L/Os

UNIVATES

Cliente: Universidade do Vale do Taquari

Localização: Av. Avelino Talmi, 771 - Universitário, Lajeado - RS, 95914-014

Projeto: TCC 2020 - 2 - Painel elétrico Planta polímeros NR12

Arquivo: TCC 2020 - 2 - Planta polímeros NR12 Univates REV1.00

Descrição da página: Índice

Revisão: 02

Data: 27/06/2020

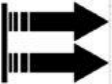
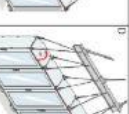
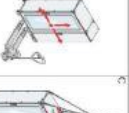
Descrição: Aprovado para Publicação Projeto final

Local da Montagem: Projeto: Vitoria Welson

Impositivo Técnico: Vitoria Welson

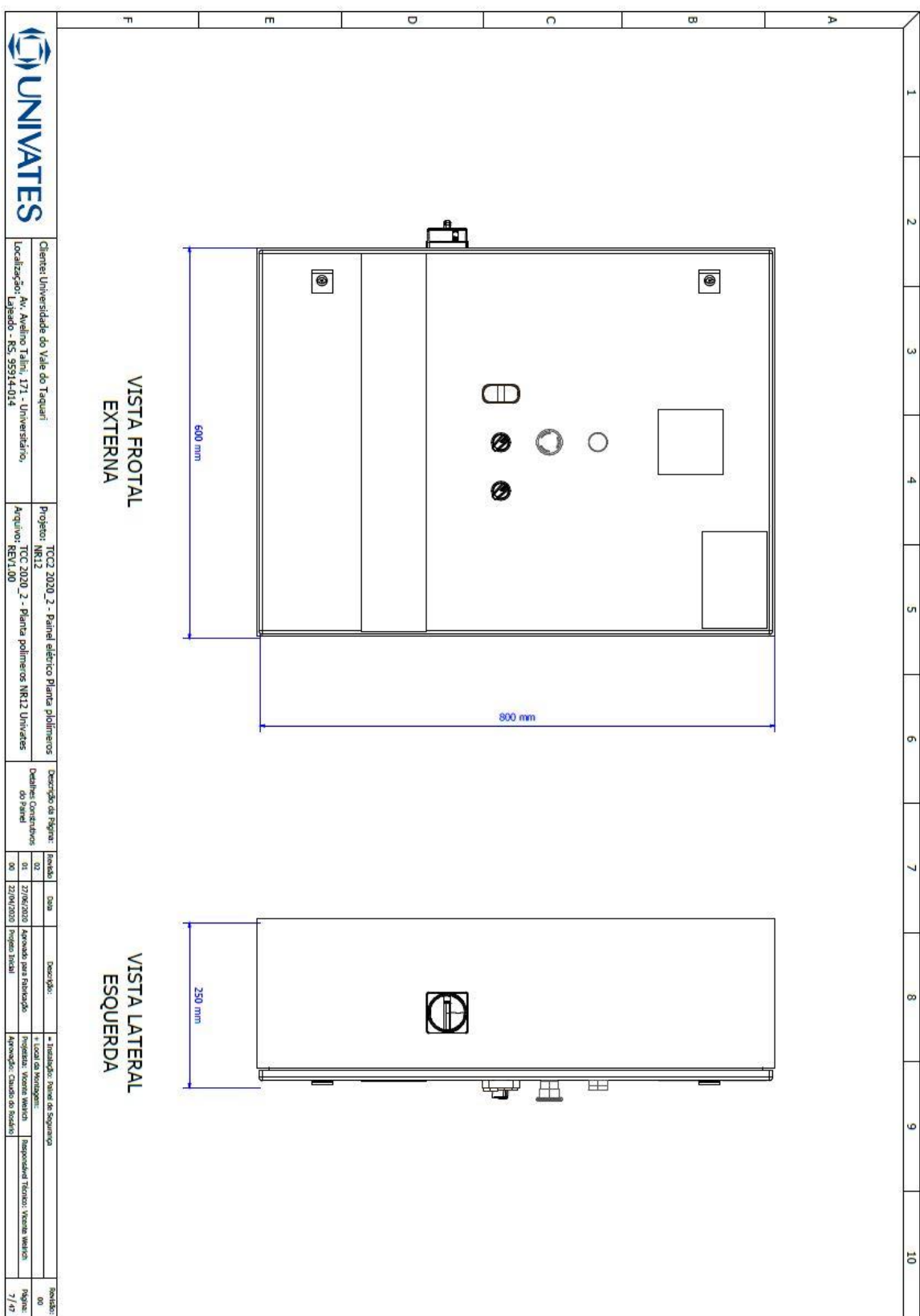
Assinatura: 00

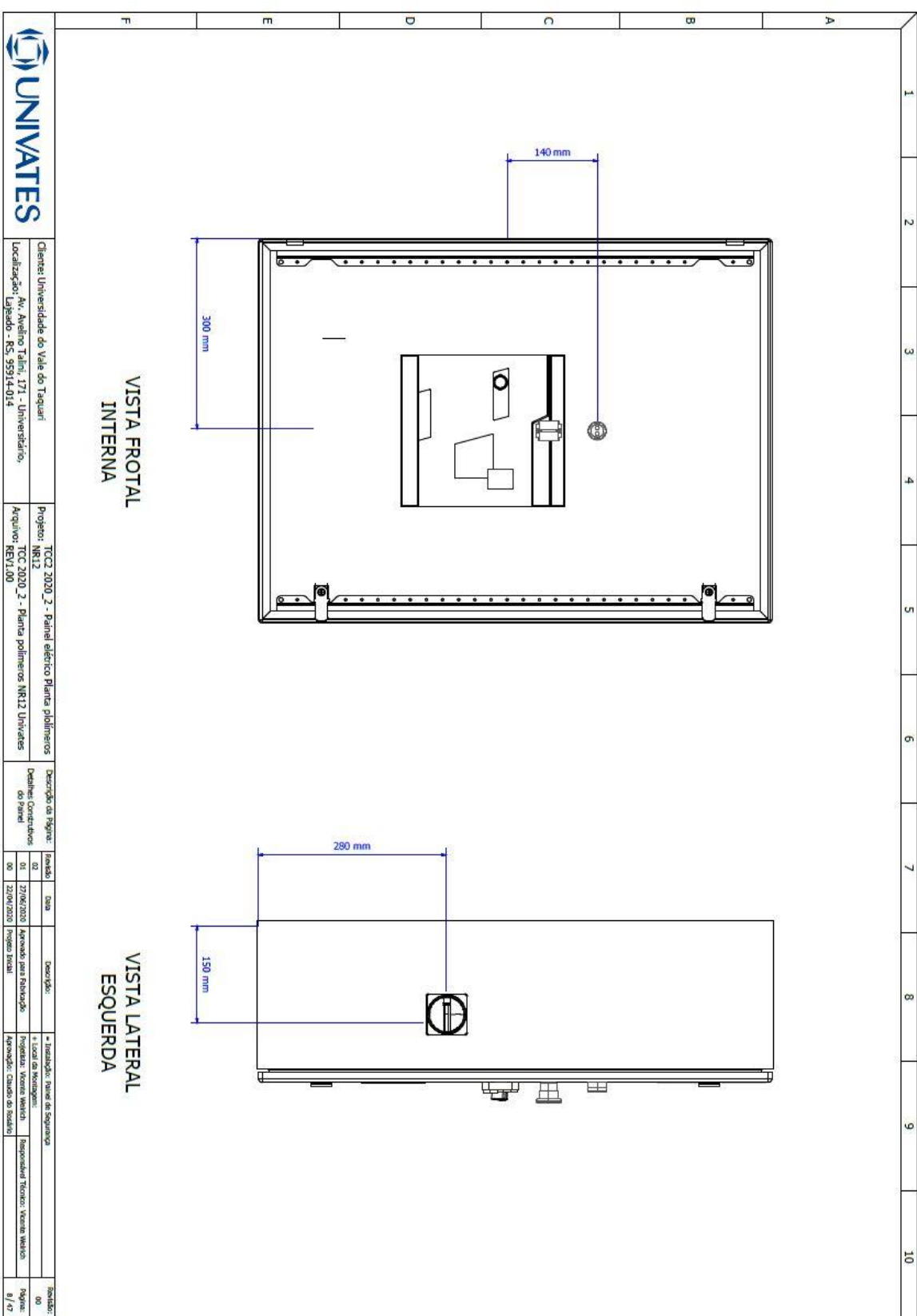
Assinatura: 2 / 47

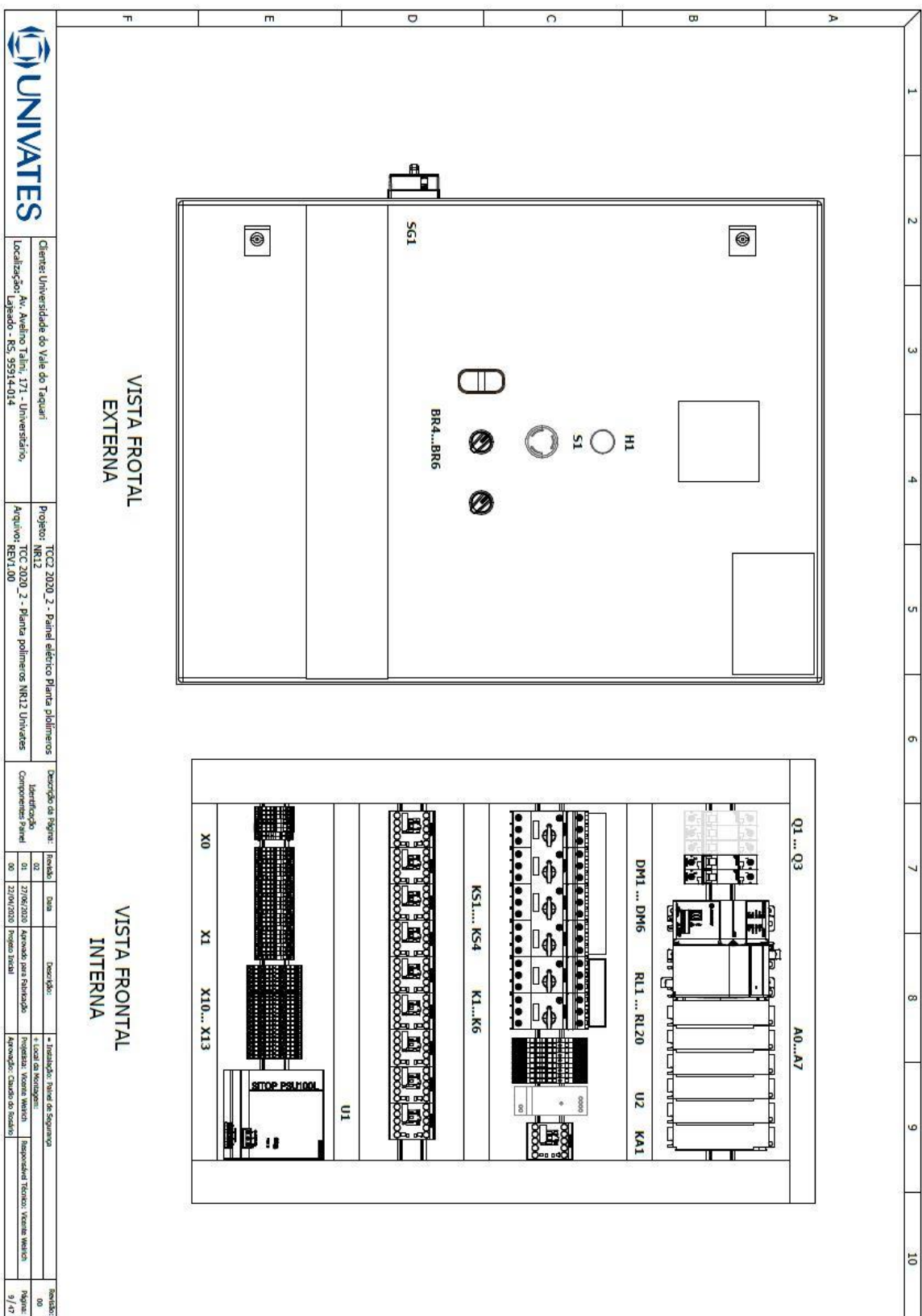
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																								
Memorial Descritivo																																	
A	4.2. Identificação componentes internos 4.2.1 Adesivo de identificação dos componente: ☒ Etiqueta adesiva amarelo 7x15 ☐ Crachá² ☐ Plaqueta adesiva branca 15x9 4.2.2 Forma de fixação dos adesivos: ☒ Direto no componente ☐ No componente e na placa de montagem ☐ Semente na placa de montagem ☐ Suporte tipo "crachá"																																
B	5 Transporte, armazenamento e preservação 5.1 O painel deverá ser transportado e adicionado conforme a marcação da embalagem (símbolos) correspondentes: 																																
C																																	
D	5.2 Para maior segurança no transporte, utilizar empilhadeira, como visto na figura (A); 5.3 Para maior segurança no transporte horizontal, utilizar paleta, conforme visto na figura (B), sempre avaliando o centro de gravidade do painel antes do manuseio; 5.4 Para maior segurança no transporte vertical com equipamentos de içamento, verifique as condições que seguem: - Condição perfeita de cordas e correntes; - Para até 3 colunas, fazer o içamento conforme figura (C); - Painéis com mais de 3 colunas, içar conforme figura (D); 																																
E																																	
F																																	
 UNIVATES <table><tr><td>Cliente: Universidade do Vale do Taquari</td><td>Projeto: TCC2 2020_2 - Painel eletrônico Planta polímeros NR12</td></tr><tr><td>Localização: Av. Avelino Tainy, 171 - Universidade, Lajeado - RS, 95914-014</td><td>Arquivo: TCC 2020_2 - Planta polímeros NR12 Univates REV1.00</td></tr></table> <table><tr><td colspan="2">Descrição da figura:</td></tr><tr><td>Insula</td><td>Data</td></tr><tr><td>01</td><td>27/06/2020</td></tr><tr><td>02</td><td>22/09/2020</td></tr><tr><td colspan="2">Aprovado para Revisão</td></tr><tr><td>00</td><td>Projetado por</td></tr><tr><td colspan="2">Aprovação: Técnico: Vitoria Melloch</td></tr><tr><td colspan="2">Aprovação: Chefe de Trabalho</td></tr></table> <table><tr><td>Revisão:</td></tr><tr><td>00</td></tr><tr><td>14/09/2020</td></tr><tr><td>4 / 47</td></tr></table>										Cliente: Universidade do Vale do Taquari	Projeto: TCC2 2020_2 - Painel eletrônico Planta polímeros NR12	Localização: Av. Avelino Tainy, 171 - Universidade, Lajeado - RS, 95914-014	Arquivo: TCC 2020_2 - Planta polímeros NR12 Univates REV1.00	Descrição da figura:		Insula	Data	01	27/06/2020	02	22/09/2020	Aprovado para Revisão		00	Projetado por	Aprovação: Técnico: Vitoria Melloch		Aprovação: Chefe de Trabalho		Revisão:	00	14/09/2020	4 / 47
Cliente: Universidade do Vale do Taquari	Projeto: TCC2 2020_2 - Painel eletrônico Planta polímeros NR12																																
Localização: Av. Avelino Tainy, 171 - Universidade, Lajeado - RS, 95914-014	Arquivo: TCC 2020_2 - Planta polímeros NR12 Univates REV1.00																																
Descrição da figura:																																	
Insula	Data																																
01	27/06/2020																																
02	22/09/2020																																
Aprovado para Revisão																																	
00	Projetado por																																
Aprovação: Técnico: Vitoria Melloch																																	
Aprovação: Chefe de Trabalho																																	
Revisão:																																	
00																																	
14/09/2020																																	
4 / 47																																	

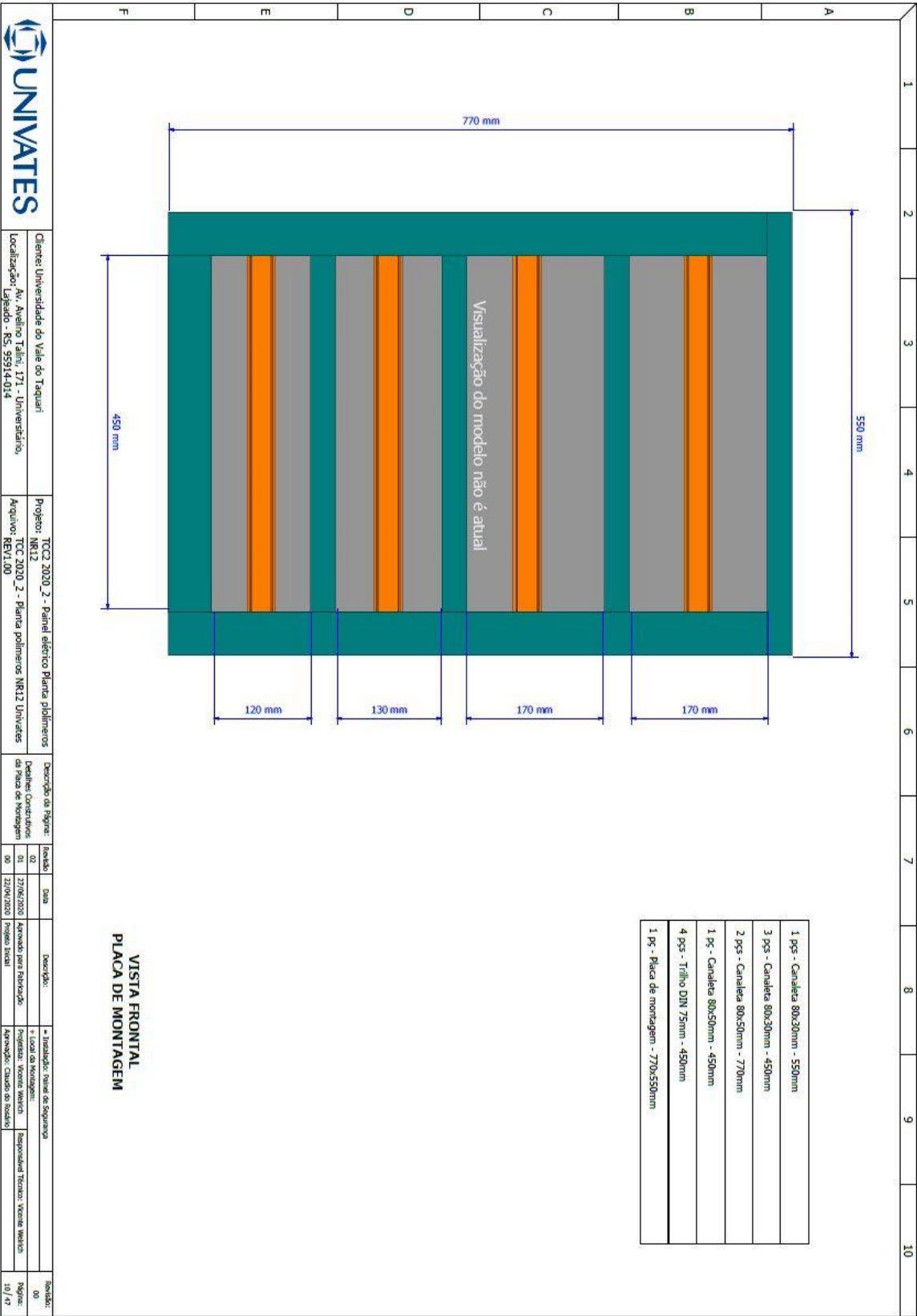
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					</
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

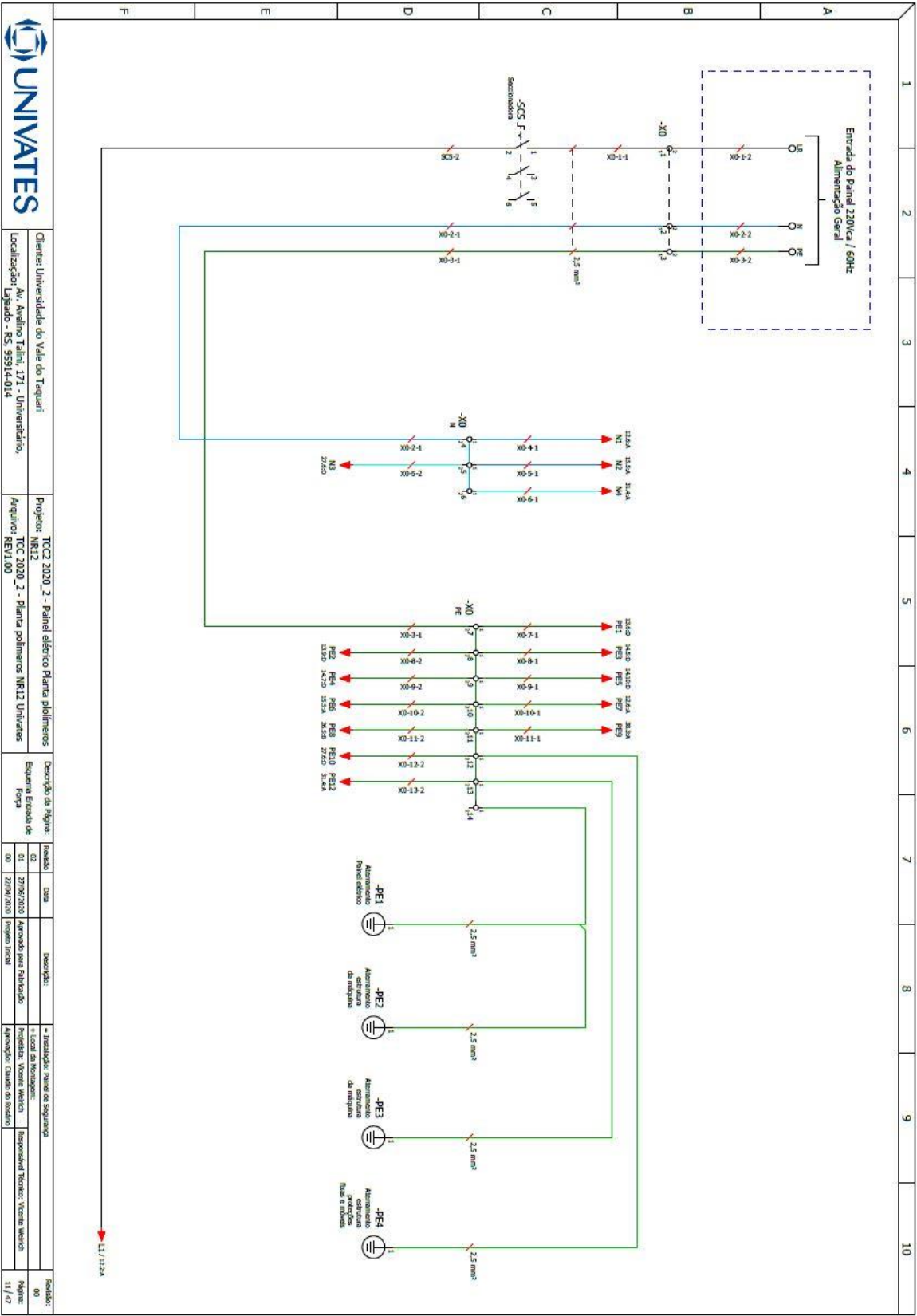




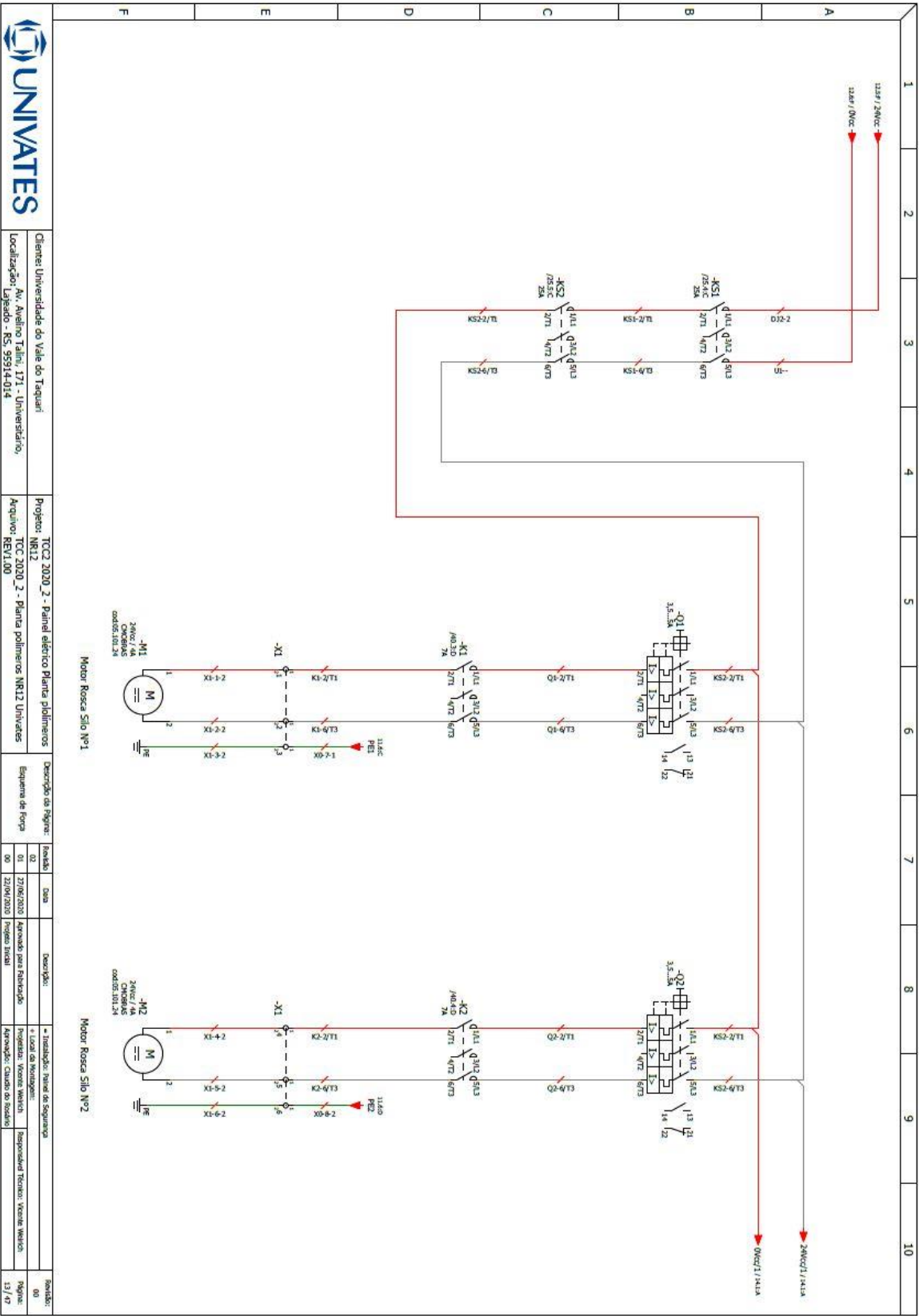


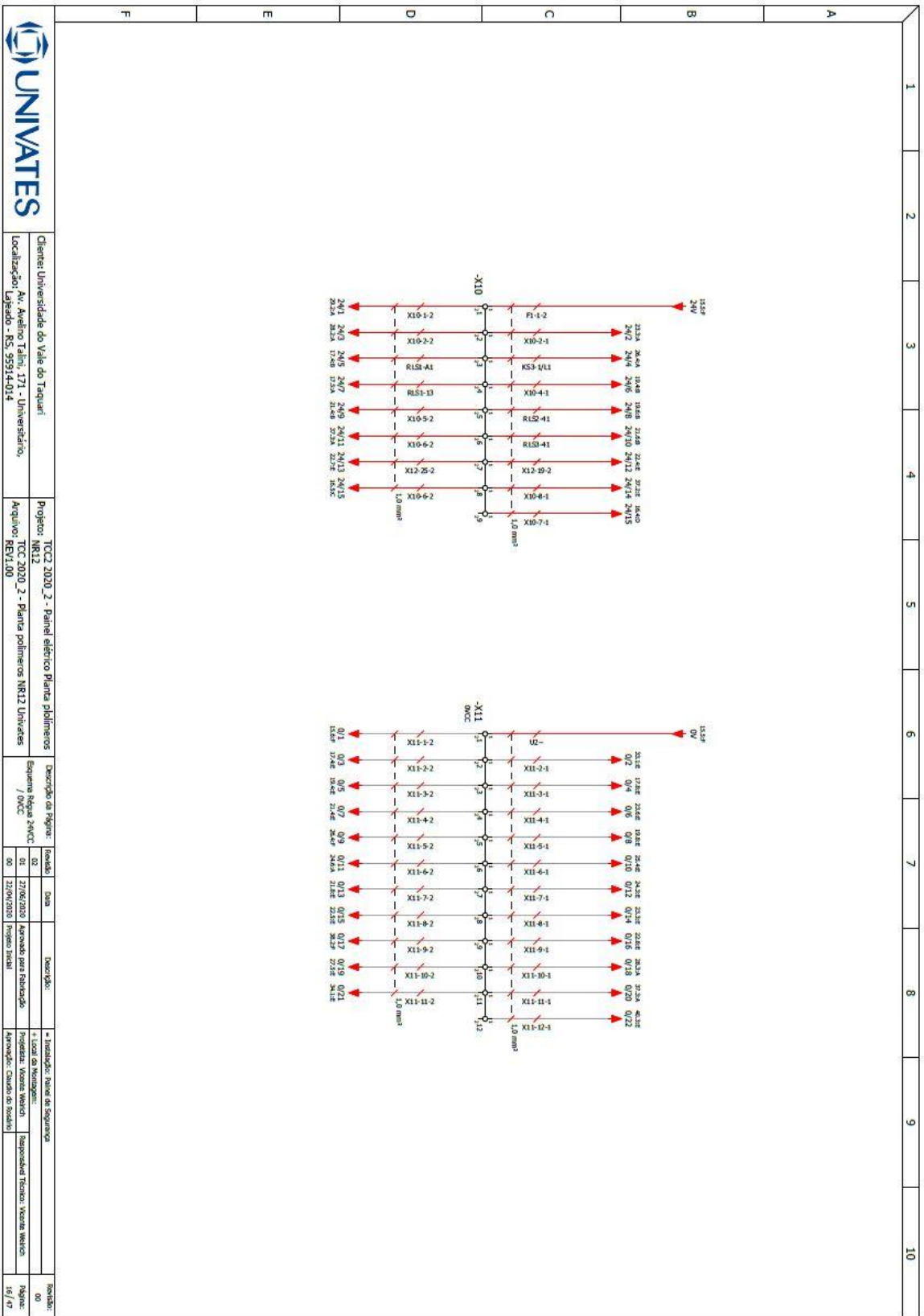


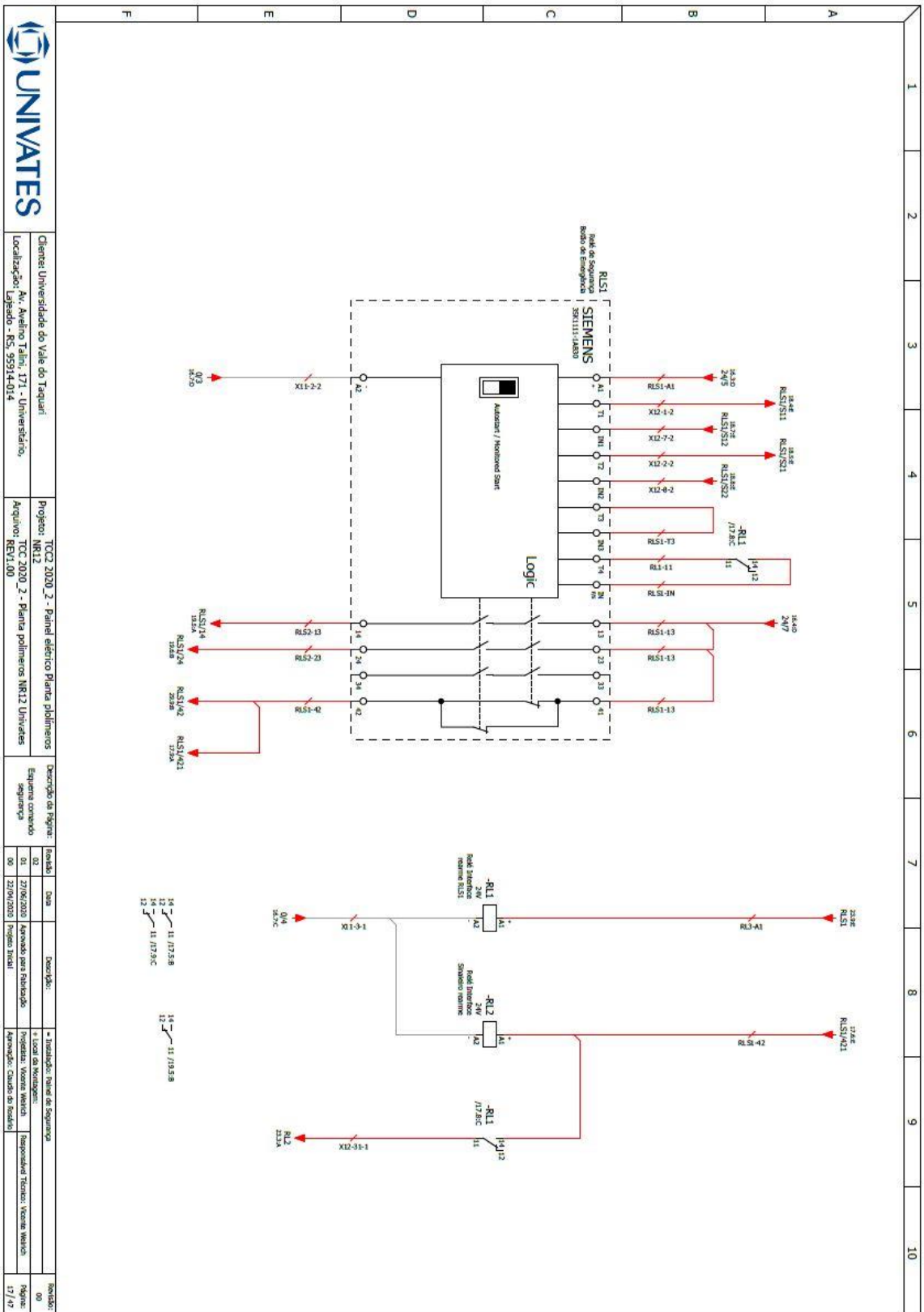


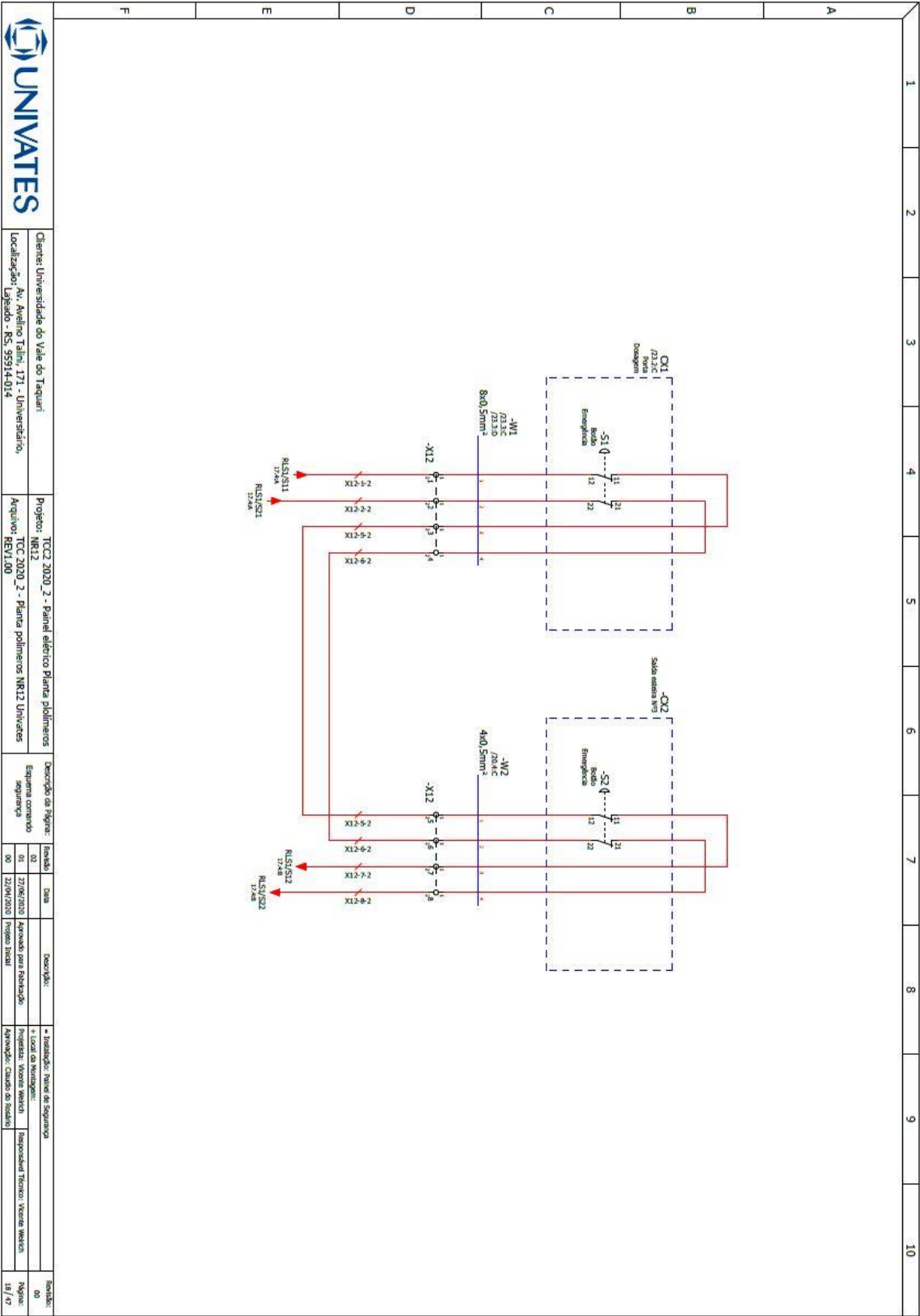


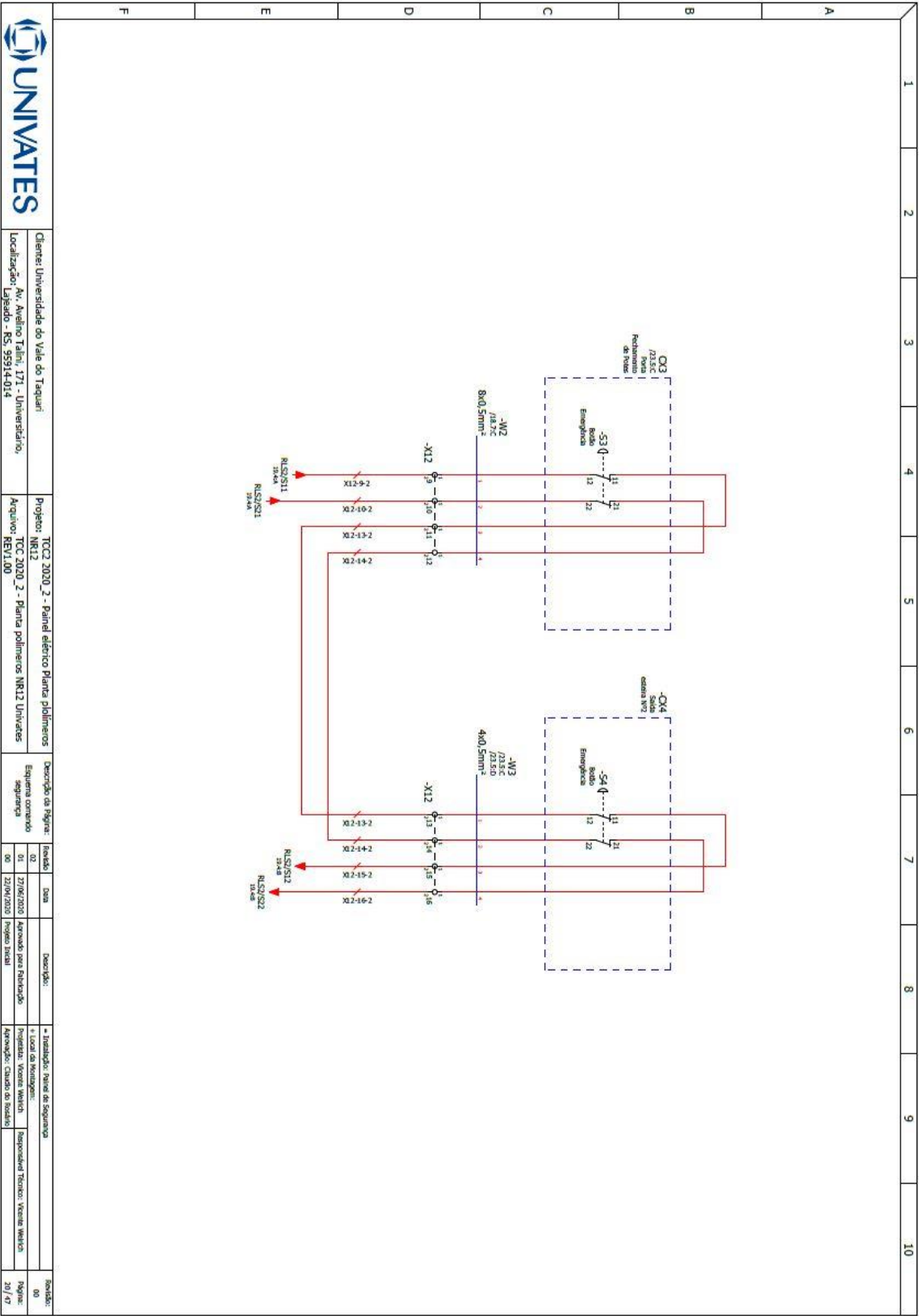
	UNIVATES										00
	UNIVATES										
	UNIVATES										
	UNIVATES										
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											
UNIVATES											

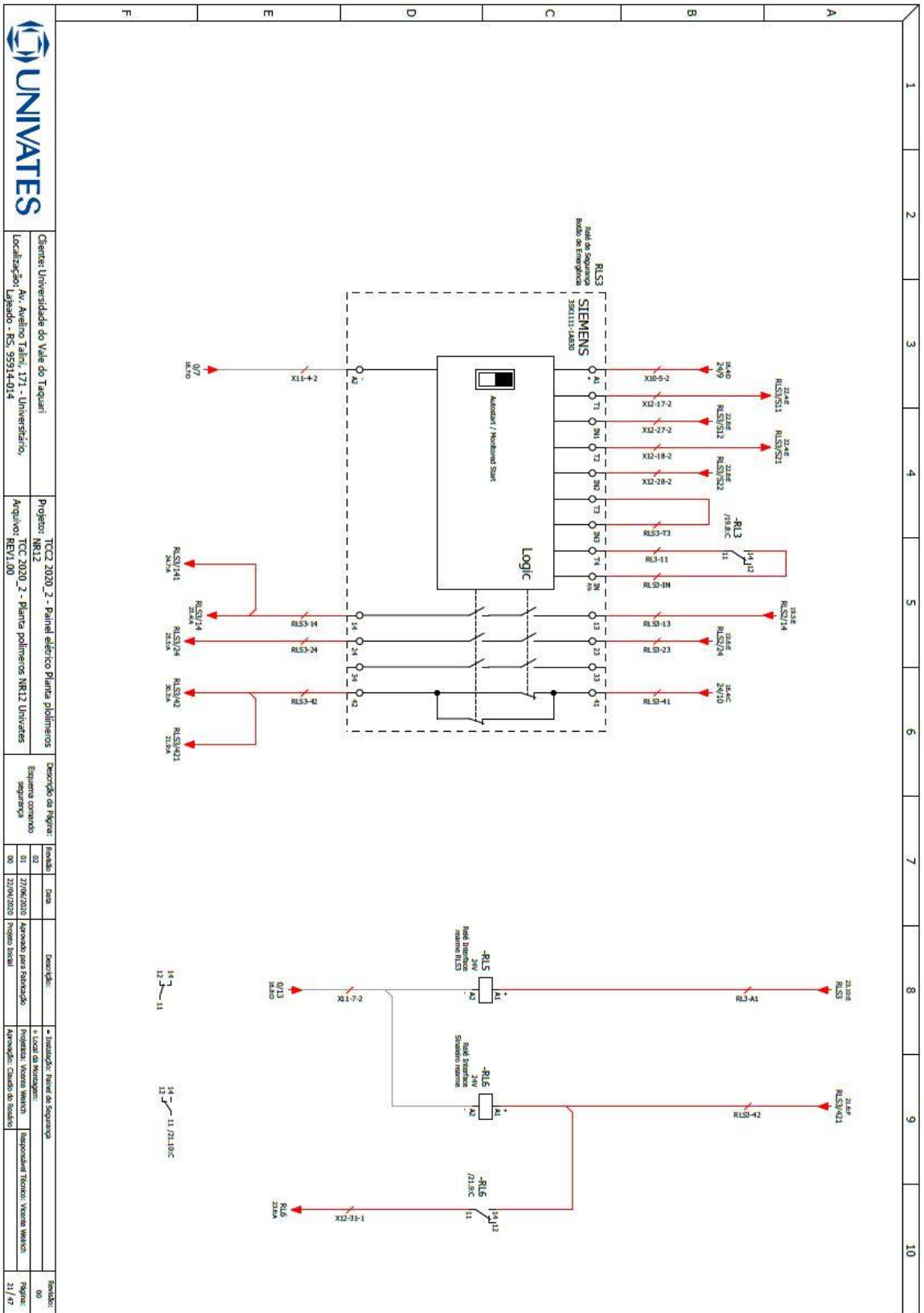


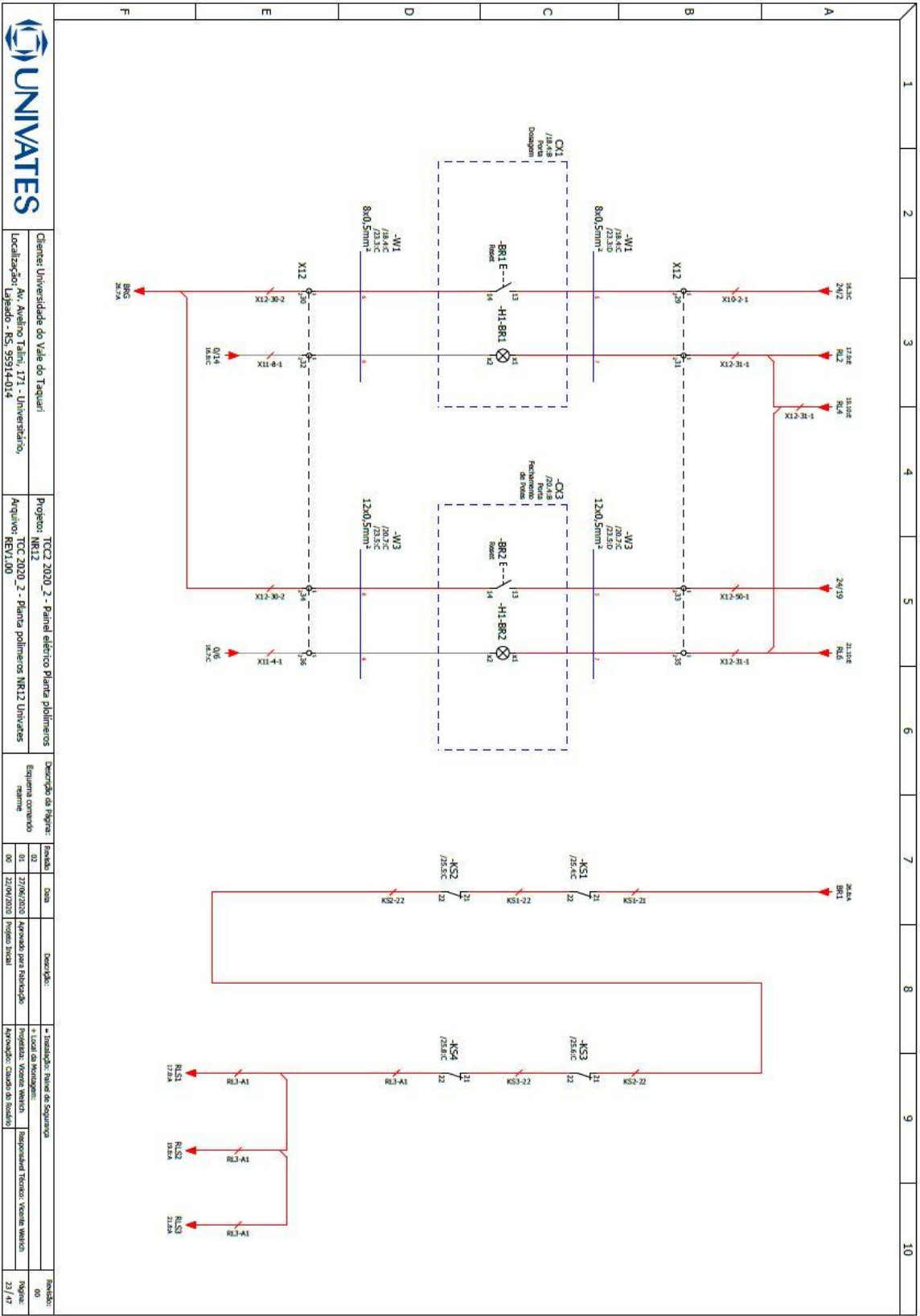




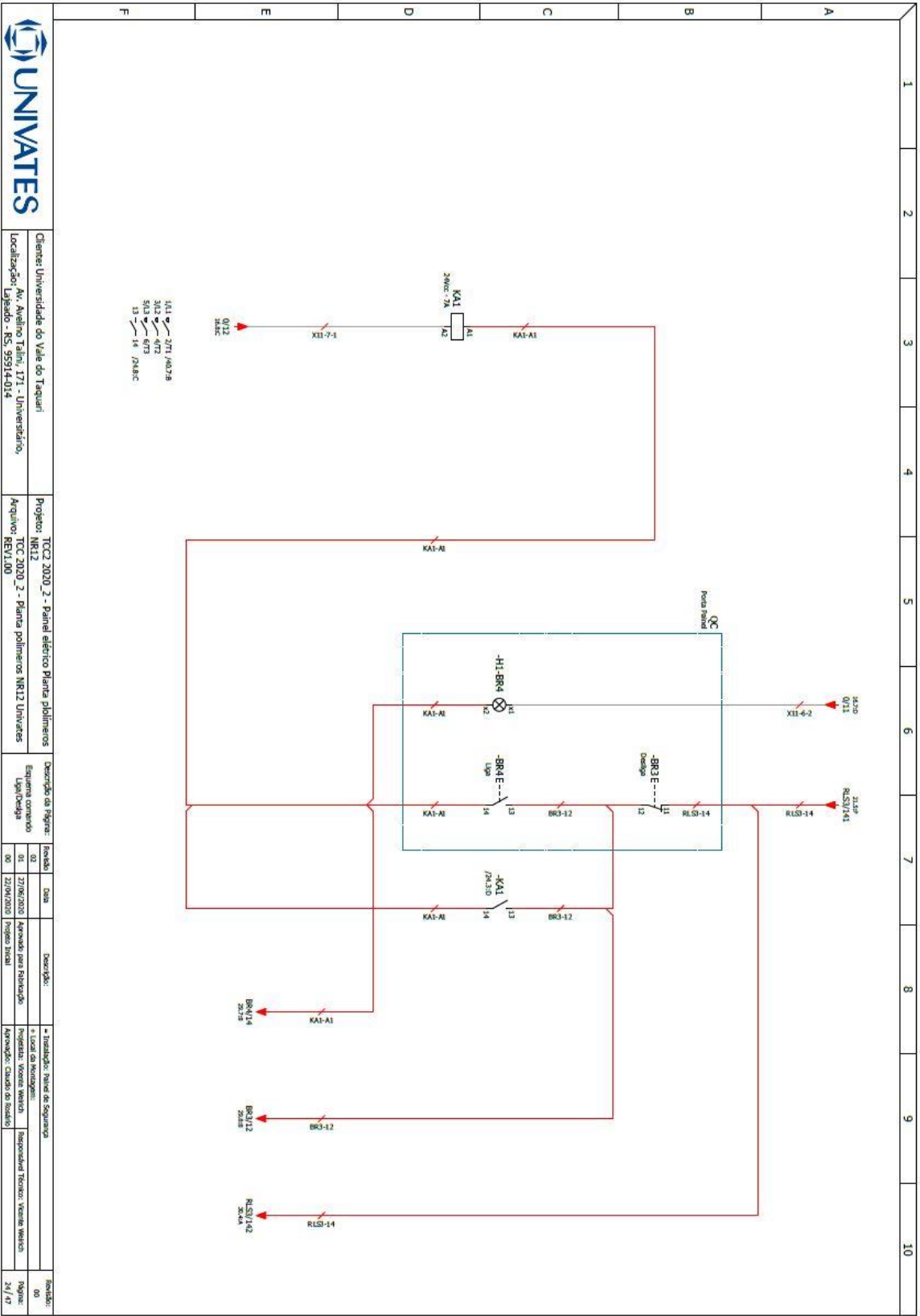


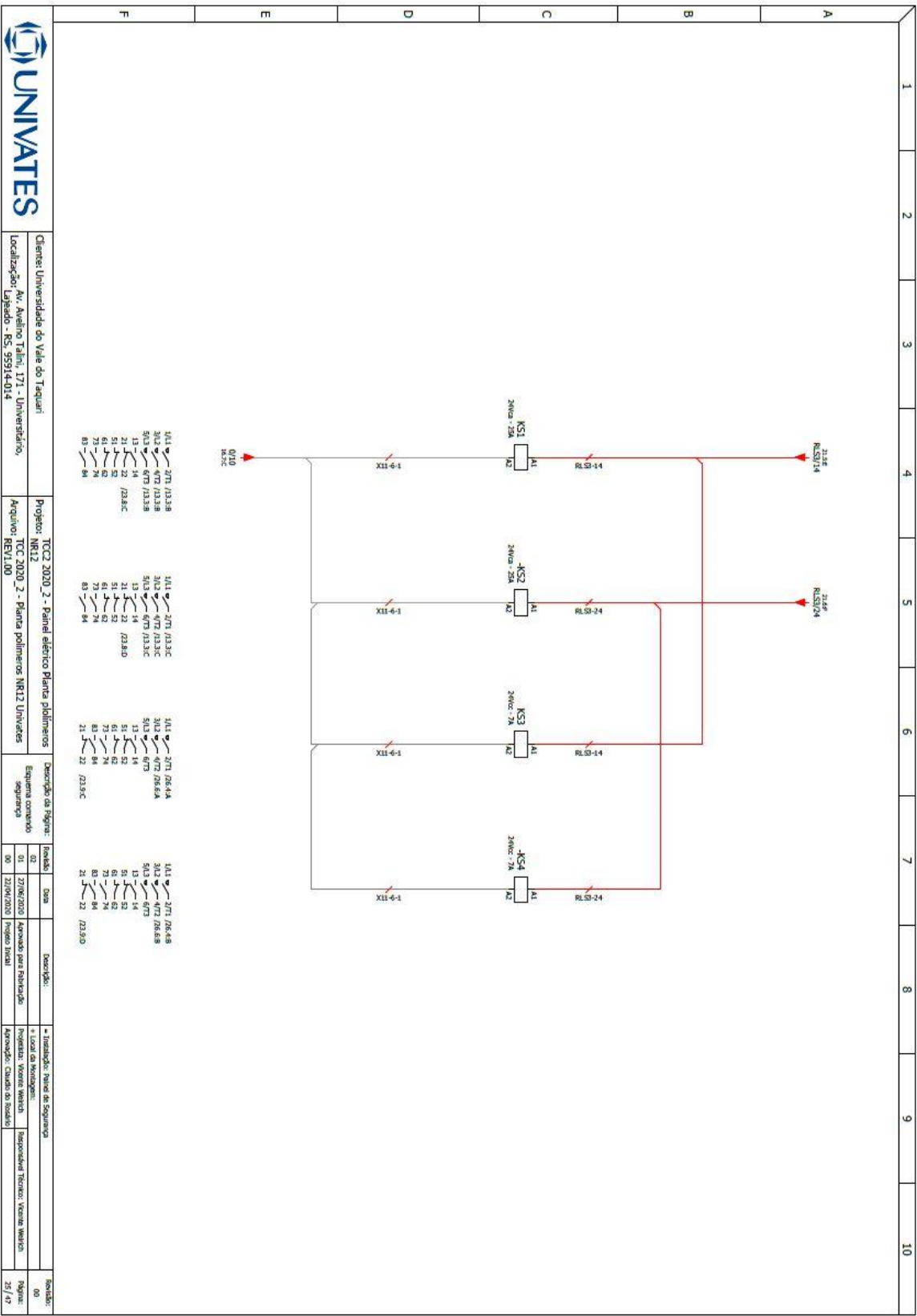


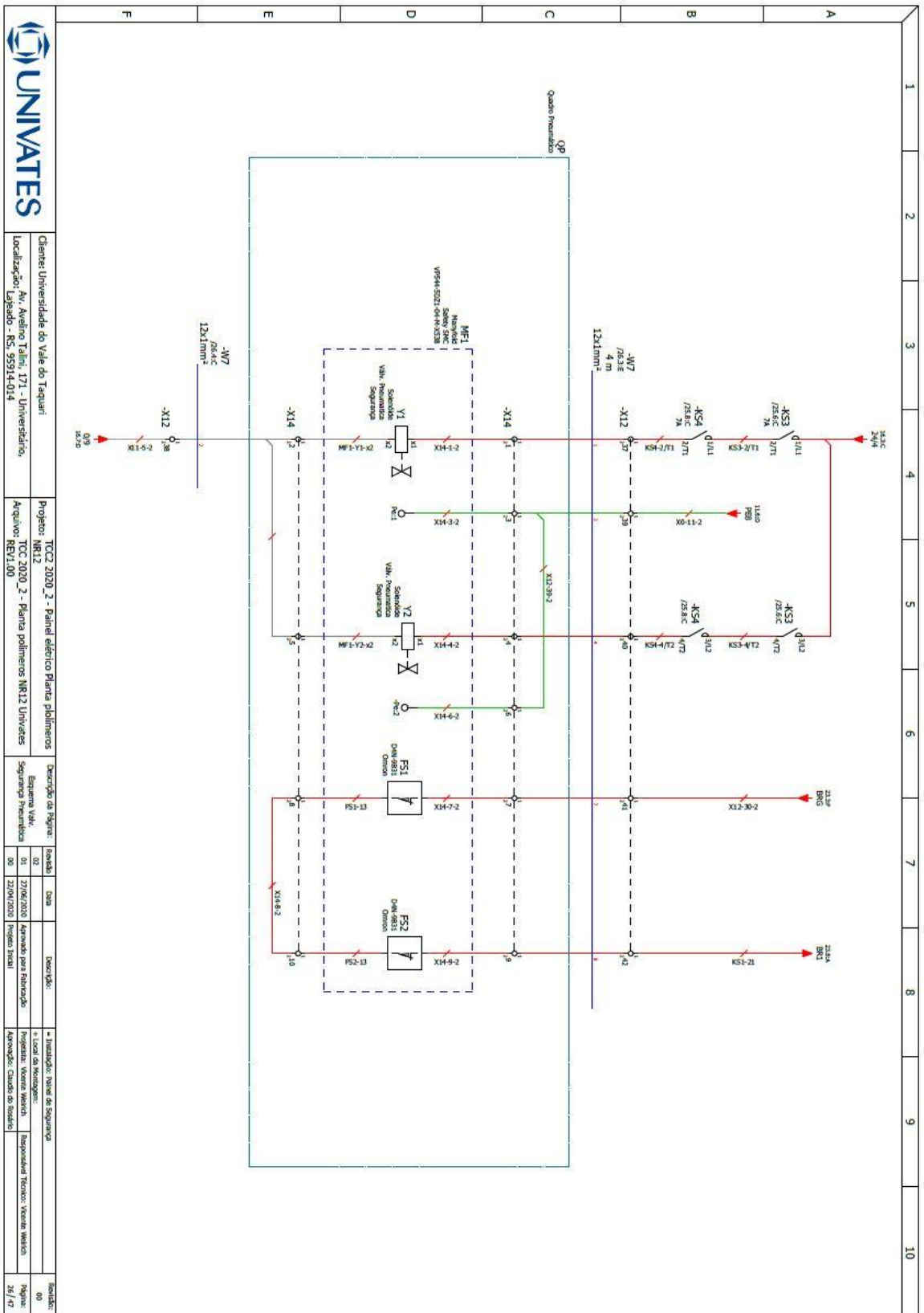


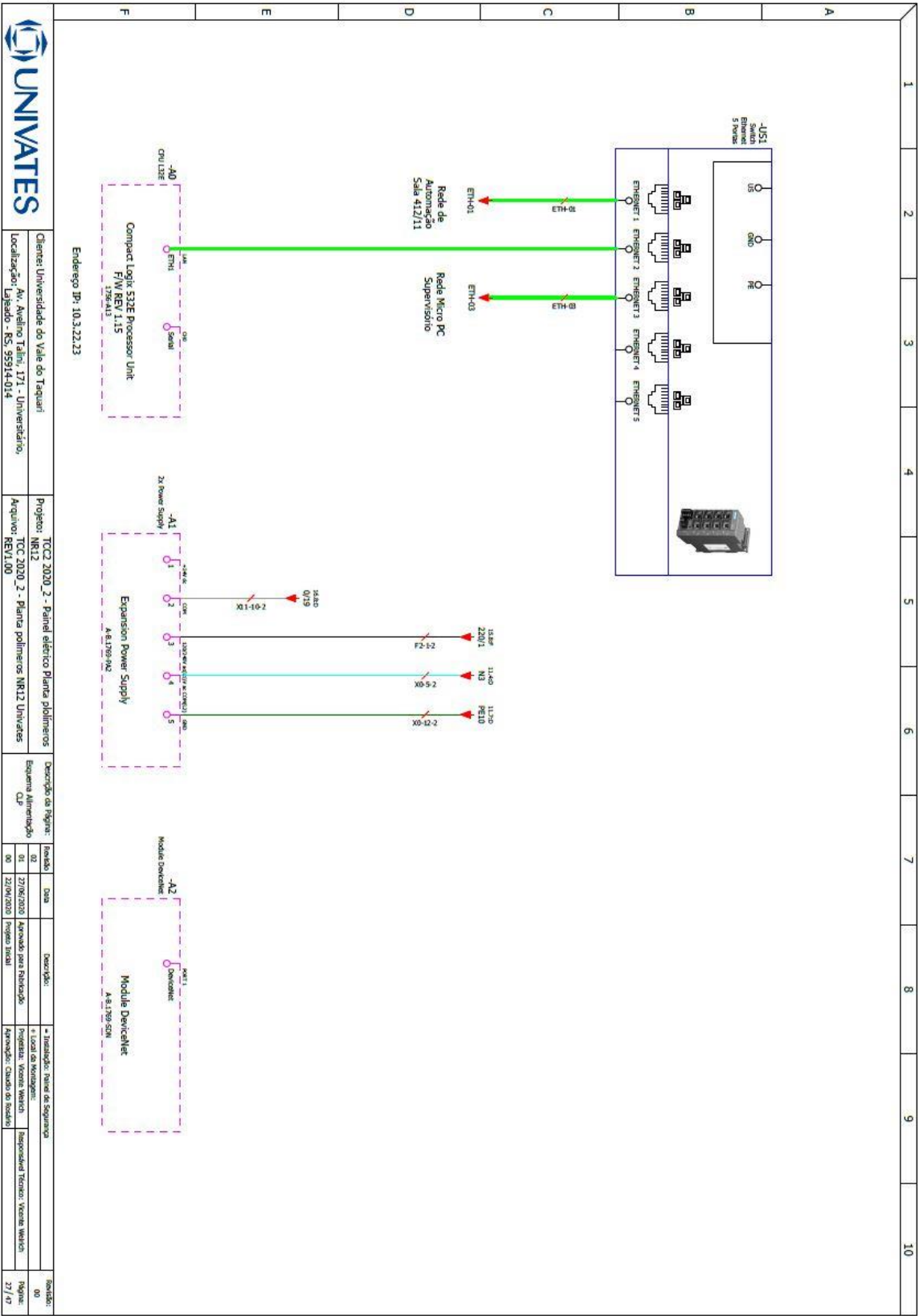


Cliente: Universidade do Vale do Taquari		Projeto: MR12		Descrição da figura:		Folha:		Descrição:		Instalação: Plano de Segurança		Folha:	
Localização: Av. Antônio Tânni, 171 - Universitário, Uruguaiana - RS 95914-014		Arquivo: REV1.00		Equipamento: sistema		02		Aprovado para execução:		Local de instalação:		00	
						01		Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
						03		Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:		Projeto: Vozes do Vale			
								Aprovado para instalação:					









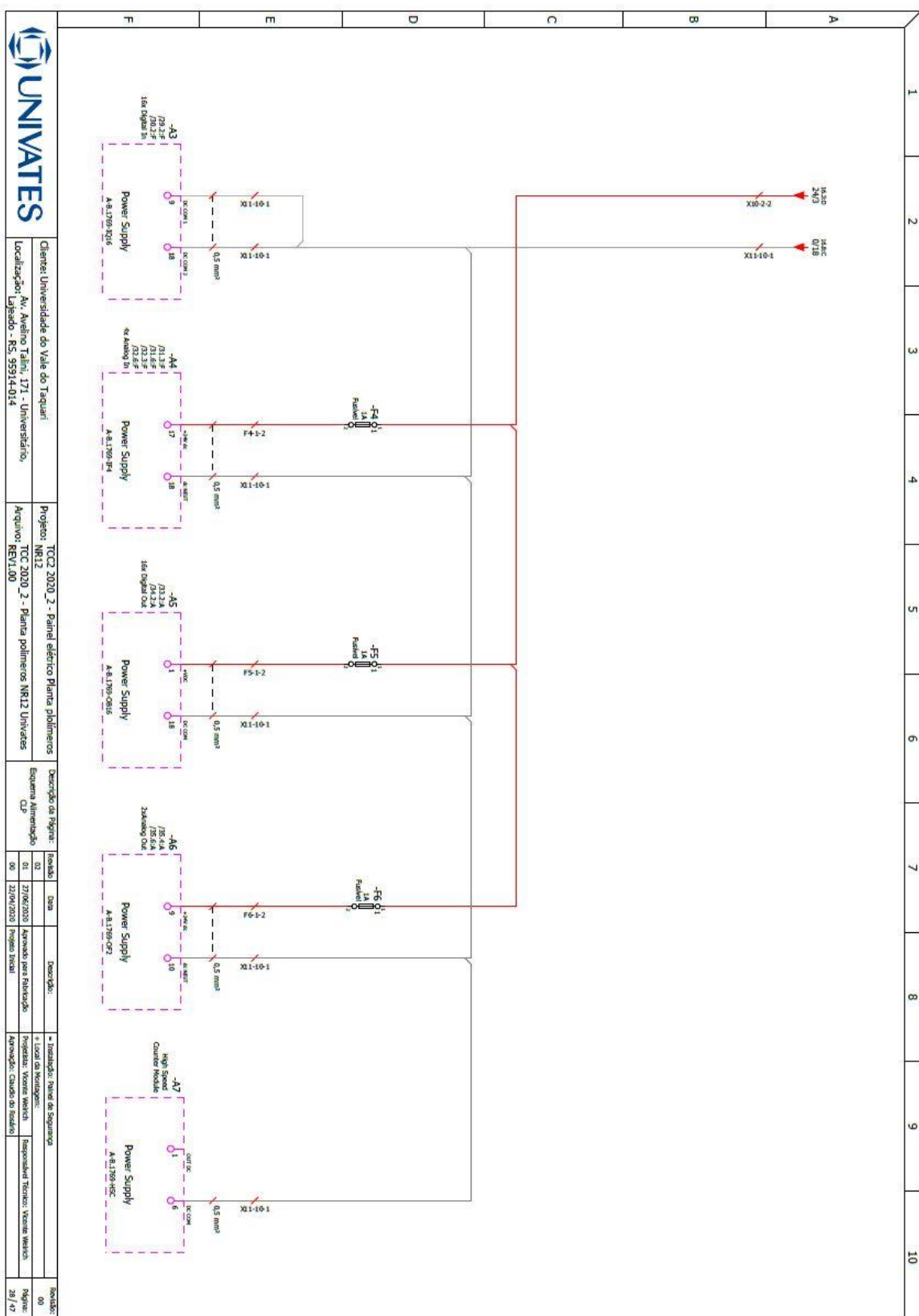
UNIVATES

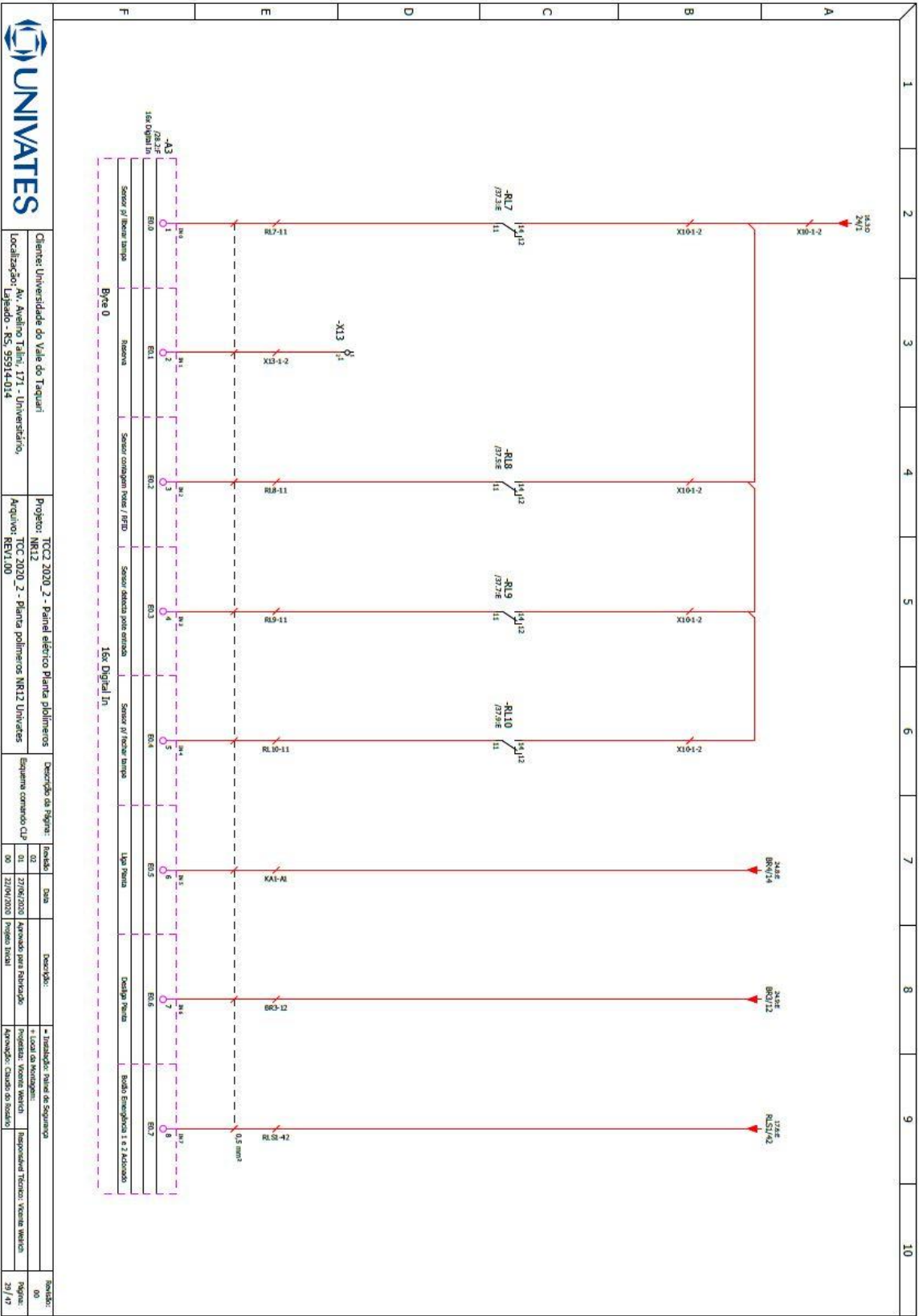
UNIVATES

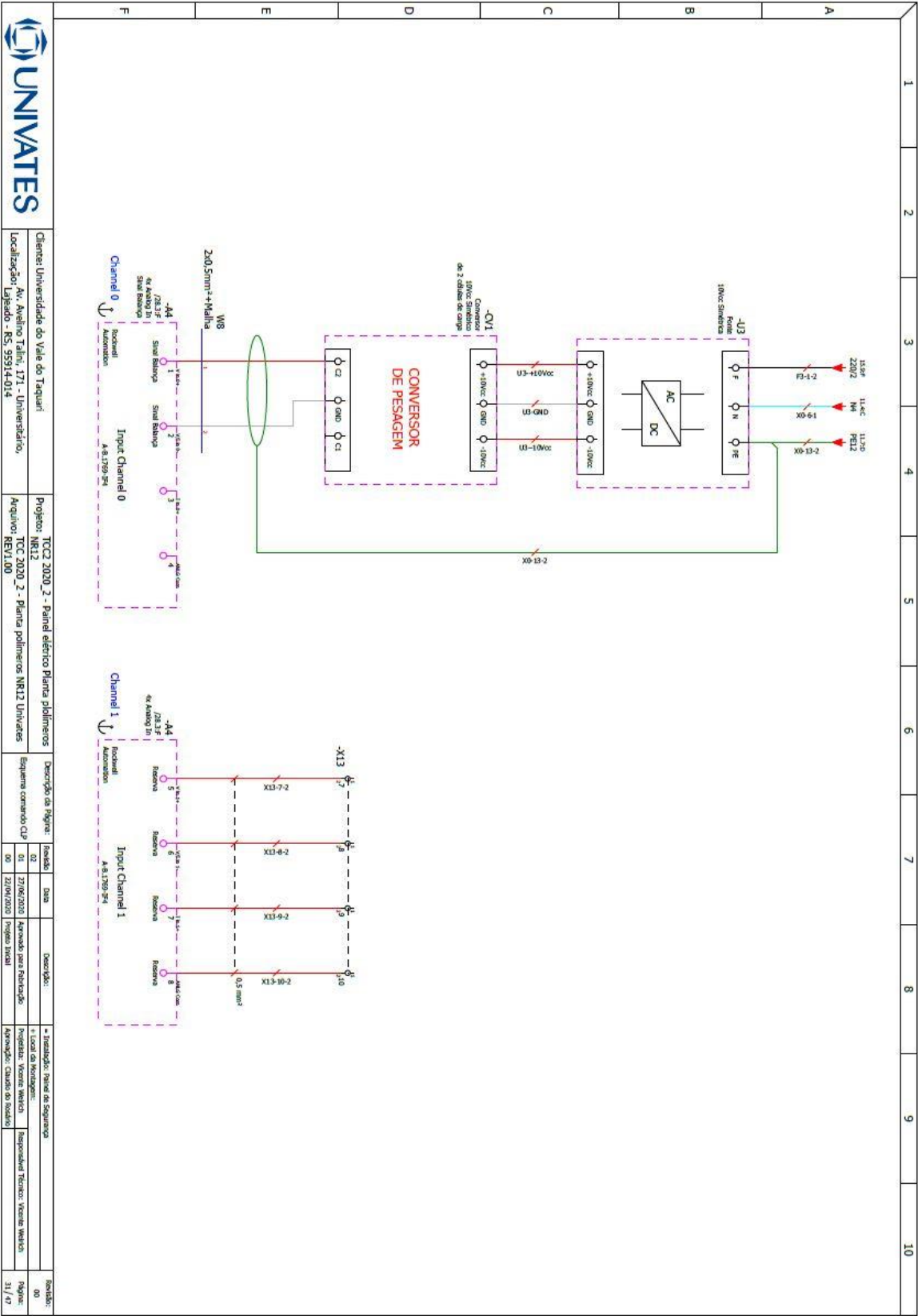
UNIVATES

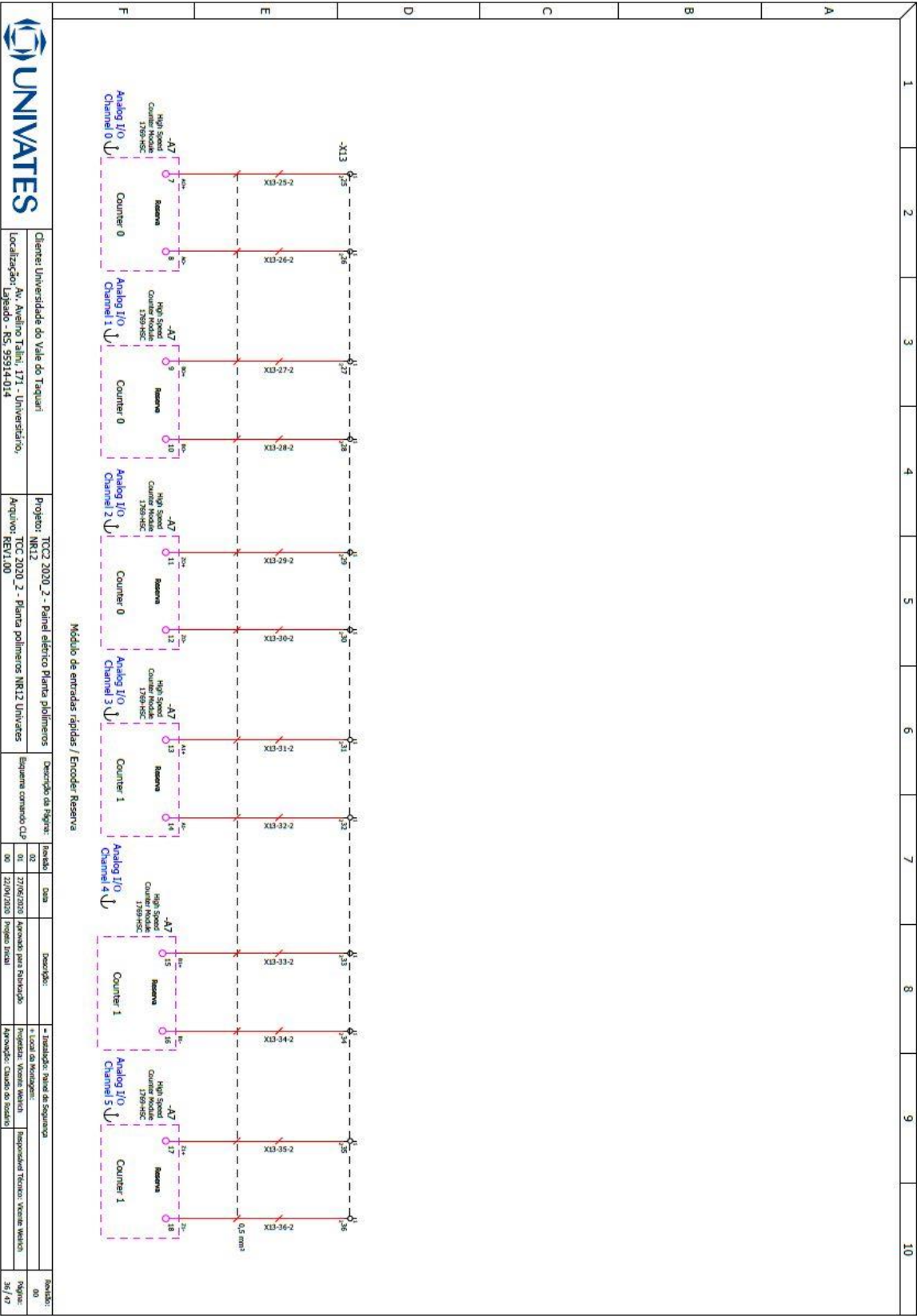
UNIVATES

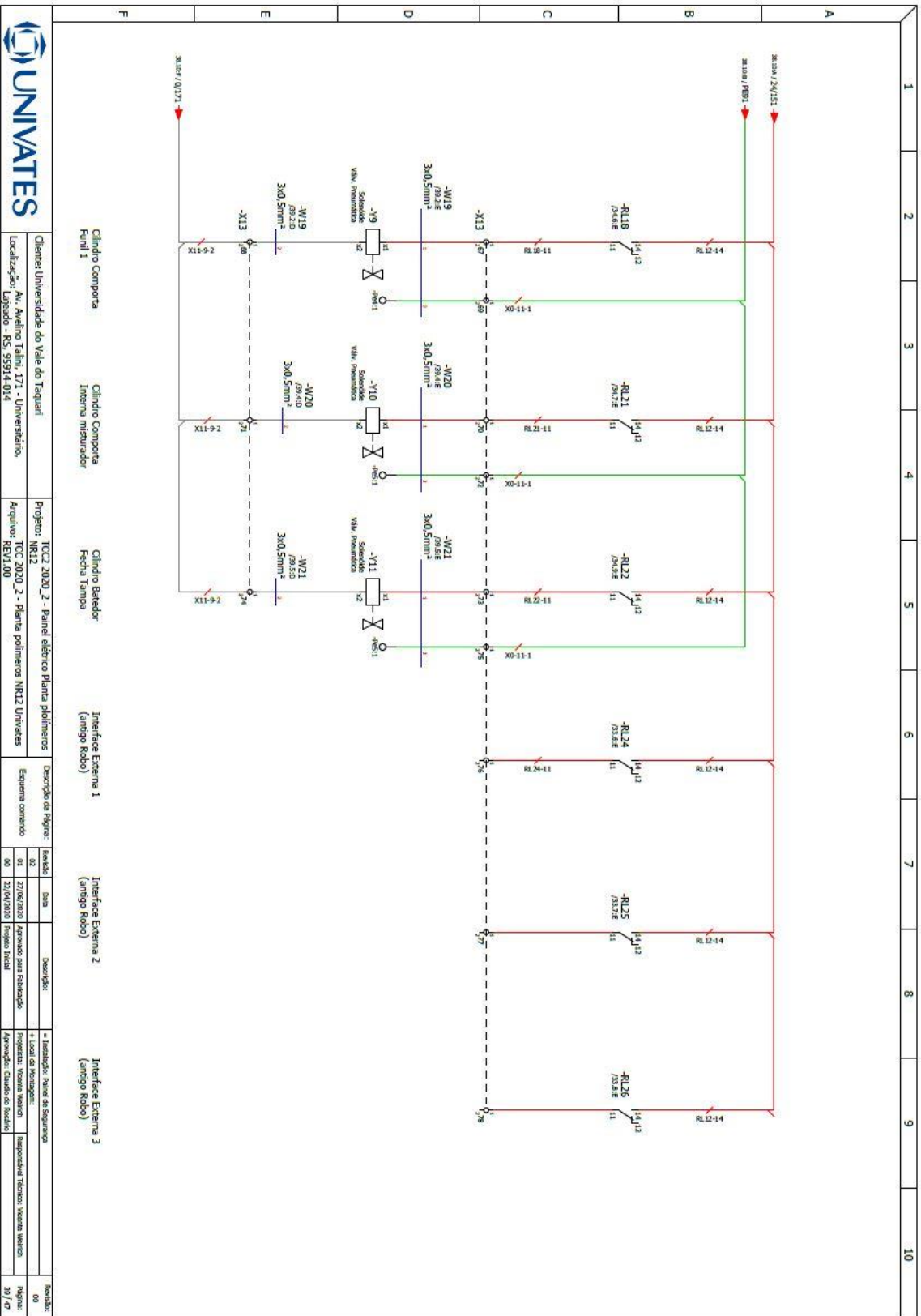
UNIVATES

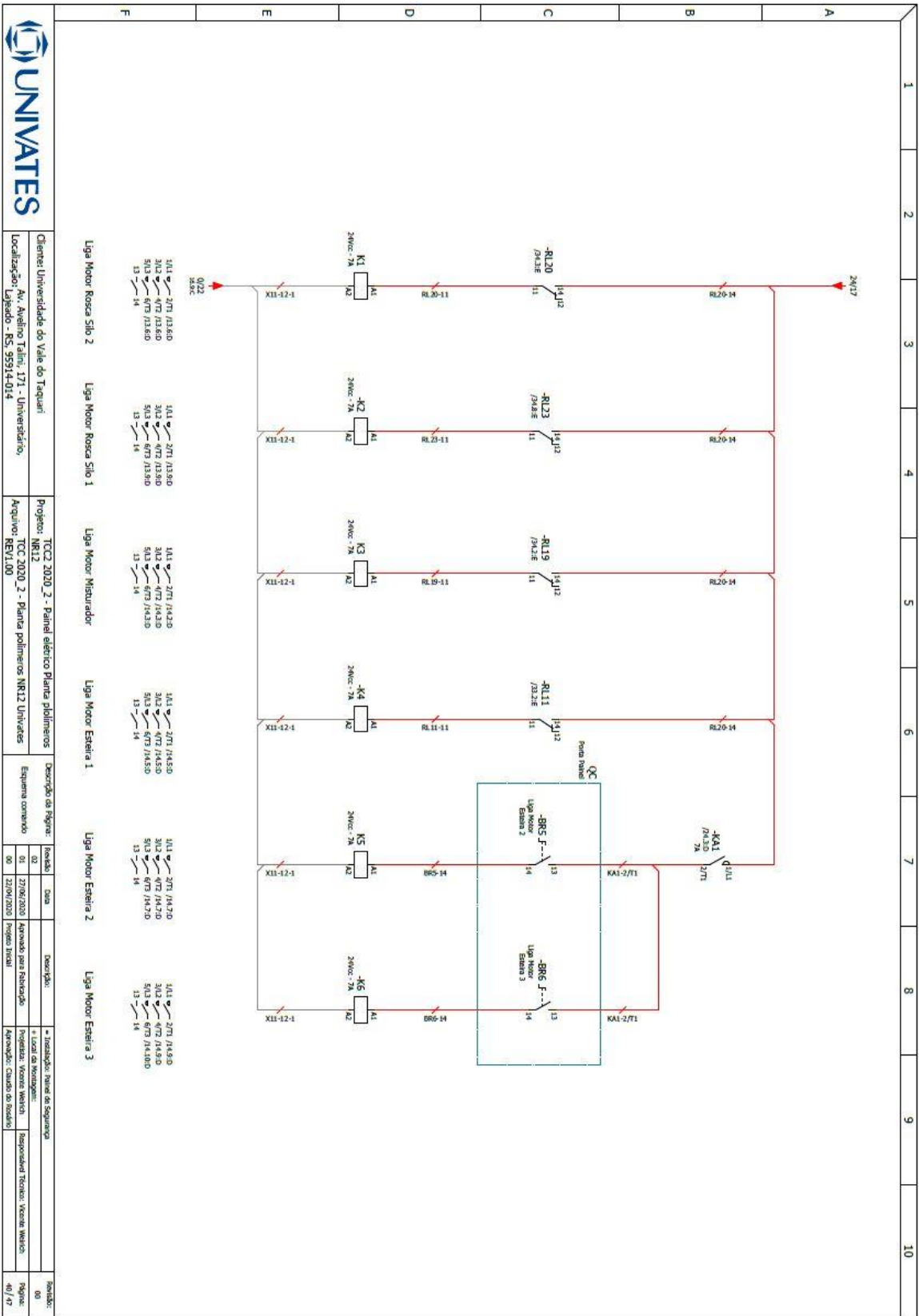












APÊNDICE B – Lista de materiais

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lista de materiais									
A	Fornecedor	Referência	Tag	Descrição				Quantidade	
Allen-Bradley (IEC Data)									
B	1769-L3ZE	A0		CPU 532E CLP Compact Logix 1769				1	
	1769-PA2	A1		Fonte de alimentação CLP Compact Logix 1769 5Vdc/2A				1	
	1769-SDN	A2		Módulo CLP Compact Logix 1769 Devicenet				1	
	1769-IQ16	A3		Módulo CLP Compact Logix 1769 16 Entradas Digitais				1	
	1769-JF4	A4		Módulo CLP Compact Logix 1769 4 Entradas analógicas				1	
	1769-OB16	A5		Módulo CLP Compact Logix 1769 16 Saídas Digitais				1	
C	1769-OF2	A6		Módulo CLP Compact Logix 1769 2 Saídas analógicas				1	
Siemens AG									
D	3S66133-3CQ24-1MK0	BR3		Botão de Comando Duplo Sinalizado / 24V AC/DC / 1NA, 1NF				1	
	3S66030-2AA10-0V/A0	BR5:8R6		Comutador Pulsado / 2 Posições				2	
	3SE6315-0EBB01	CS1:CS2		Chave de Segurança RFD com conector M12 8 Pinos				2	
	3SE6310-0BC01	CS1:CS2		Atuador Standard para Chave de Segurança RFD				2	
	3SX5601-2GM03	CS1:CS2		Cabo de Conexão M12 8 Pinos, 3m				2	
	3S66012-0AA10-0B/A0	CU1:CU3		Caixa de Botoneira com 2 Portos de Comando				2	
E	3S66133-0DB50-1B/A0	CU1:BR1:CU3:BR2		Botão de Comando Modular Sinalizado / Azul / 1NA / 24V				2	
	3S66130-1HB20-1C/A0	CU1:SI:CU2:SI:CU3:SI:CU4:SI4		Botão de Emergência / Desarmamento Giratório / 1NF				4	
	3S66400-1AA10-1C/A0	CU1:SI:CU2:SI:CU3:SI:CU4:SI4		Banco de Contato / 1NF				4	
	3S66011-0AA20-0B/A0	CU2:CU4		Caixa de Botoneira com 1 Porto de Comando Para Botão de Emergência				2	
	5SL1 106-7NB	DI1		Disjuntor Monopolar 5SL1 Curva C 6A				1	
	5SL1 120-7NB	DI2		Disjuntor Monopolar 5SL1 Curva C 20A				1	
UNIVATES									
Cliente: Universidade do Vale do Taquari		Projeto: TCC2 2020_2 - Painel elétrico Planta polímeros NR12		Descrição da figura: Lista de peças		Revisão: 02		Data: 27/06/2020	
Localização: Av. Aveñino Talari, 171 - Universitário, Ujandó - RS, 95914-014		Arquivo: TCC 2020_2 - Planta polímeros NR12 Univates REV1.00				01		27/06/2020	
						02		22/06/2020	
						03		22/06/2020	
						04		22/06/2020	
						05		22/06/2020	
						06		22/06/2020	
						07		22/06/2020	
						08		22/06/2020	
						09		22/06/2020	
						10		22/06/2020	
						11		22/06/2020	
						12		22/06/2020	
						13		22/06/2020	
						14		22/06/2020	
						15		22/06/2020	
						16		22/06/2020	
						17		22/06/2020	
						18		22/06/2020	
						19		22/06/2020	
						20		22/06/2020	
						21		22/06/2020	
						22		22/06/2020	
						23		22/06/2020	
						24		22/06/2020	
						25		22/06/2020	
						26		22/06/2020	
						27		22/06/2020	
						28		22/06/2020	
						29		22/06/2020	
						30		22/06/2020	
						31		22/06/2020	
						32		22/06/2020	
						33		22/06/2020	
						34		22/06/2020	
						35		22/06/2020	
						36		22/06/2020	
						37		22/06/2020	
						38		22/06/2020	
						39		22/06/2020	
						40		22/06/2020	
						41		22/06/2020	
						42		22/06/2020	
						43		22/06/2020	
						44		22/06/2020	
						45		22/06/2020	
						46		22/06/2020	
						47		22/06/2020	
						48		22/06/2020	
						49		22/06/2020	
						50		22/06/2020	
						51		22/06/2020	
						52		22/06/2020	
						53		22/06/2020	
						54		22/06/2020	
						55		22/06/2020	
						56		22/06/2020	
						57		22/06/2020	
						58		22/06/2020	
						59		22/06/2020	
						60		22/06/2020	
						61		22/06/2020	
						62		22/06/2020	
						63		22/06/2020	
						64		22/06/2020	
						65		22/06/2020	
						66		22/06/2020	
						67		22/06/2020	
						68		22/06/2020	
						69		22/06/2020	
						70		22/06/2020	
						71		22/06/2020	
						72		22/06/2020	
						73		22/06/2020	
						74		22/06/2020	
						75		22/06/2020	
						76		22/06/2020	
						77		22/06/2020	
						78		22/06/2020	
						79		22/06/2020	
						80		22/06/2020	
						81		22/06/2020	
						82		22/06/2020	
						83		22/06/2020	
						84		22/06/2020	
						85		22/06/2020	
						86		22/06/2020	
						87		22/06/2020	
						88		22/06/2020	
						89		22/06/2020	
						90		22/06/2020	
						91		22/06/2020	
						92		22/06/2020	
						93		22/06/2020	
						94		22/06/2020	
						95		22/06/2020	
						96		22/06/2020	
						97		22/06/2020	
						98		22/06/2020	
						99		22/06/2020	
						100		22/06/2020	
						101		22/06/2020	
						102		22/06/2020	
						103		22/06/2020	
						104		22/06/2020	
						105		22/06/2020	
						106		22/06/2020	
						107		22/06/2020	
						108		22/06/2020	
						109		22/06/2020	
						110		22/06/2020	
						111		22/06/2020	
						112		22/06/2020	
						113		22/06/2020	
						114		22/06/2020	
						115		22/06/2020	
						116		22/06/2020	
						117		22/06/2020	
						118		22/06/2020	
						119		22/06/2020	
						120		22/06/2020	
						121		22/06/2020	
						122		22/06/2020	
						123		22/06/2020	
						124		22/06/2020	
						125		22/06/2020	
						126		22/06/2020	
						127		22/06/2020	
						128		22/06/2020	
						129		22/06/2020	
						130		22/06/2020	
						131		22/06/2020	
						132		22/06/2020	
						133		22/06/2020	
						134		22/06/2020	
						135		22/06/2020	
						136		22/06/2020	
						137		22/06/2020	
						138		22/06/2020	
						139		22/06/2020	
						140		22/06/2020	
						141		22/06/2020	
						142		22/06/2020	
						143		22/06/2020	
						144		22/06/2020	
						145		22/06/2020	
						146		22/06/2020	
						147		22/06/2020	
						148		22/06/2020	
						149		22/06/2020	
						150		22/06/2020	
						151		22/06/2020	
						152		22/06/2020	
						153		22/06/2020	
						154		22/06/2020	
						155		22/06/2020	
						156		22/06/2020	
						157		22/06/2020	
						158		22/06/2020	
						159		22/06/2020	
						160		22/06/2020	
						161		22/06/2020	
						162		22/06/2020	
						163		22/06/2020	
						164		22/06/2020	
						165		22/06/2020	
						166		22/06/2020	
						167		22/06/2020	
						168		22/06/2020	
						169		22/06/2020	
						170		22/06/2020	
						171		22/06/2020	
						172		22/06/2020	
						173		22/06/2020	
						174		22/06/2020	
						175		22/06/2020	
						176		22/06/2020	
						177		22/06/2020	
						178		22/06/2020	
						179		22/06/2020	
						180		22/06/2020	
						181		22/06/2020	
						182		22/06/2020	
						183		22/06/2020	
						184		22/06/2020	
						185		22/06/2020	
						186		22/06/2020	
						187		22/06/2020	
						188		22/06/2020	
						189		22/06/2020	
						190		22/06/2020	
						191		22/06/2020	
						192		22/06/2020	
						193		22/06/2020	
						194		22/06/2020	
						195		22/06/2020	
						196		22/06/2020	
						197		22/06/2020	
						198		22/06/2020	
						199		22/06/2020	

Lista de materiais

Fornecedor	Referência	Tag	Descrição	Quantidade
------------	------------	-----	-----------	------------

Siemens AG

SSL1 102-7MB	DJ3		Disjuntor Monopolar SSL1 Curva C 2A	1
6WHZ 000-1GG08	F1...F6		Conector Seccionador Fusível 6,3A - 40 mm² - Preto	6
3SB6213-6AA2D-1AA0	H1		Sinaleiro Monobloco / Vermelho / 24V AC/DC	1
3RT2015-1BPB1	K1...K6/K13K53K54		Contator de Potência 24Vcc 7A 1N4, Tamanho S00	9
3RT2026-1BBP40	K51KS2		Contator de Potência 24Vcc 25A 1NA+1NF, Tamanho S0	2
3RM2911-1HA22	K51...K54		Bloco Frontal de Contatos Auxiliares, 2NA+2NF	4
3RV2011-1FAI0	Q1...Q6		Disjuntor Motor Corrente Paralelo Tamanho S00 / 3,5 - 5A	6
3RV2901-1E	Q1...Q6		Bloco de Contato Auxiliar Frontal para Disjuntor Motor 1NA + 1NF	6
3RV1915-1DB	Q1		Sistema de Barramento Trifásico para 5 Disjuntores S00, 50 / 63A / Distância 45 mm	1
3RV19 2S-5AB	Q1		Terminal de Alimentação Trifásica / Ligação por Cima / Tamanho S0	1
3RV1915-1AB	Q5		Sistema de Barramento Trifásico para 2 Disjuntores S00, 50 / 63A / Distância 45 mm	1
3RQ3118-1AB00	RL1..RL25		Réle Interface extracanal 24V AC/DC, 1 NAF	26
3SK1111-1AB30	RL5...RL53		Réle de Segurança SIRIUS, Unidade Básica 24VCC 3NA+1NF	3
6EP132-1LB00	U2		Ponte de Alimentação STOP Lite PSJ100L Monofásica / 24VCC - 2,5A	1
6WHZ 000-0AP00	X0X1,X10,X11,X14		Conector de Passagem Mola - 2,5 mm² - Cinza	44
6WHZ 000-0AP01	X0		Conector de Passagem Mola - 2,5 mm² - Azul	4
6WHZ 000-0CP07	X0,X1		Conector de Passagem Mola - 2,5 mm² - Verde/Amarado	15
6WHZ 020-0AP00	X12,X13		Conector de Passagem Mola 2 Andares - 2,5 mm² - Cinza	60

UNIVATES

Cliente: Universidade do Vale do Taquari
 Localização: Av. Avelino Taffini, 171 - Universitário,
 Urupês - RS, 95914-014

Projeto: TCC 2020_2 - Painel elétrico Planta polímeros NR12
 Arquivo: REVI.00

Lista de peças
 00 22/04/2020 Imprimir Listar

Inicial: 02
 Data: 27/06/2020
 Descrição: Aprovado para elaboração
 + Instalação, Ponto de Segurança
 + Local de Manobra:
 Propriedade: Norma NBR7
 Aprovação: Claudio do Brasil

Responsável Técnico: Vicente Marich
 Página: 42 / 47

Projeto	Data	Descrição	Responsável Técnico	Assessor	Assessoria
TC2 2020 - 2 - Painel eletrônico Planta polímeros	02	Revisão	Dependentes	Assessoria	Assessoria
Projeto: NR12	01	Aprovação para Rethold	Assessoria	Assessoria	Assessoria
Localização: Av. Avelino Tullio, 171 - Universidade, Leopoldo - RS, 95914-014	00	Projeto EN11.00	Assessoria	Assessoria	Assessoria

APÊNDICE C – Lista de I/Os

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Diagrama CLP									
Nome do projeto TCC 2020_2 - Planta polímeros NR12 Univates REV1.00									
A	Tag do CLP	Endereço	Posicionamento	Texto de Função	Rack	Módulo	Endereço simbólico	Borne	
	=Painel de Segurança+-A3	E0.0	/29.2:F	Sensor p/ liberar tampa			=Painel de Segurança+-RL7:11	1	
		E0.1	/29.3:F	Reserva			=Painel de Segurança+-X13:1	2	
		E0.2	/29.4:F	Sensor contagem Bores / RFID			=Painel de Segurança+-RL8:11	3	
		E0.3	/29.5:F	Sensor detecta porte entrada			=Painel de Segurança+-RL9:11	4	
		E0.4	/29.6:F	Sensor p/ fechar tampa			=Painel de Segurança+-RL10:11	5	
		E0.5	/29.7:F	Liga Planta			=Painel de Segurança+-KS4:2/11	6	
		E0.6	/29.8:F	Desliga Planta			=Painel de Segurança+-KA1:13	7	
		E0.7	/29.9:F	Botão Emergência 1 e 2 Acondado			=Painel de Segurança+-RL51:42	8	
			/28.2:F					9	
		E1.0	/30.2:F	Botão Emergência 3 e 4 Acondado			=Painel de Segurança+-RL52:42	10	
		E1.1	/30.3:F	Sensuquid portas 1 e 2 Acondado			=Painel de Segurança+-RL53:42	11	
		E1.2	/30.4:F	Habilita comando			=Painel de Segurança+-BR3:11	12	
		E1.3	/30.5:F	Reserva			=Painel de Segurança+-X13:2	13	
		E1.4	/30.6:F	=			=Painel de Segurança+-X13:3	14	
		E1.5	/30.7:F	=			=Painel de Segurança+-X13:4	15	
		E1.6	/30.8:F	=			=Painel de Segurança+-X13:5	16	
		E1.7	/30.9:F	=			=Painel de Segurança+-X13:6	17	
D		/28.3:F						18	
E									
F									

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Diagrama CLP									
Nome do projeto TCC 2020_2 - Planta polimeros NR12 Univates REV1.00									
F19_001									
A	Tag do CLP	Endereço	Posicionamento	Texto de Função	Rack	Módulo	Endereço simbólico	Borne	
	=Painel de Segurança-44	AE0.0	/31.3F	Sinal Balança				1	
			/31.4F	=				2	
			/31.4F					3	
			/31.5F					4	
B		AE0.1	/31.7/F	Reserva				5	
			/31.7/F	=				6	
			/31.8F	=				7	
			/31.8F	=				8	
			/32.3F	=				9	
		AE0.2	/32.4F	=				10	
			/32.4F	=				11	
C			/32.5F	=				12	
		AE0.3	/32.7/F	=				13	
			/32.7/F	=				14	
			/32.8F	=				15	
			/32.8F	=				16	
D			/28.4F					17	
			/28.4F					18	
E									
F									
UNIVATES Cliente: Universidade do Vale do Taquari Localização: Av. Adelfo Talari, 171 - Universitário, Lajeado - RS, 95914-014 Projeto: NR12 Arquivo: REV1.00 TCC 2020_2 - Planta elétrica Planta polimeros TCC 2020_2 - Planta polimeros NR12 Univates Descrição da Figura: Uta de I/Os Imagem: 02 Data: 31/06/2020 Descrição: Aprovado para liberação Uso de Imagem: 01 31/06/2020 Aprovado para liberação Imagem: 03 31/06/2020 Aprovado para liberação = Instalação: Painel de Segurança = Local de Instalação: 00 Projeto: 0000000000 Imagem: 00 31/06/2020 Aprovado para liberação Imagem: 00 31/06/2020 Aprovado para liberação Imagem: 00 31/06/2020 Aprovado para liberação Imagem: 00 31/06/2020 Aprovado para liberação									

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Diagrama CLP									
Nome do projeto TCC 2020_2 - Planta polímeros NR12 Univates REV1.00									
A	Tag do CLP	Endereço	Posicionamento	Texto de Função	Rack	Módulo	Endereço simbólico	Borne	
	=Painel de Segurança+A5		/28.6F						1
		A0.0	/33.2A	Liga Motor Esteira 1			=Painel de Segurança+RL11A1		2
		A0.1	/33.3A	Cilindro Avanço Pote Pos 1			=Painel de Segurança+RL12A1		3
		A0.2	/33.4A	Cilindro Libera Tampa			=Painel de Segurança+RL13A1		4
		A0.3	/33.5A	Cilindro Avanço Pote Pos 2			=Painel de Segurança+RL14A1		5
		A0.4	/33.6A	Interface Externa 1			=Painel de Segurança+RL24A1		6
		A0.5	/33.7A	Interface Externa 2			=Painel de Segurança+RL25A1		7
		A0.6	/33.8A	Interface Externa 3			=Painel de Segurança+RL26A1		8
		A0.7	/33.9A	Cilindro Seg. Pote p/ Fechar			=Painel de Segurança+RL15A1		9
B		A1.0	/34.2A	Liga Motor Misurador			=Painel de Segurança+RL19A1		10
		A1.1	/34.3A	Liga Motor Rosca Silo 2			=Painel de Segurança+RL20A1		11
		A1.3	/34.4A	Cilindro Comporta Silo 3			=Painel de Segurança+RL16A1		12
		A0.3	/34.5A	Cilindro Comp. Funil 2			=Painel de Segurança+RL17A1		13
		A1.4	/34.6A	Cilindro Comporta Funil 1			=Painel de Segurança+RL18A1		14
		A1.5	/34.7A	Cilindro Comporta Interna misurador			=Painel de Segurança+RL21A1		15
		A1.6	/34.8A	Liga Motor Rosca Silo 1			=Painel de Segurança+RL23A1		16
		A1.7	/34.9A	Cilindro Batedor Fecha Tampa			=Painel de Segurança+RL22A1		17
			/28.6F						18
	C								
D									
E									
F									
UNIVATES									
Cliente: Universidade do Vale do Taquari		Projeto: TCC 2020_2 - Painel elétrico Planta polímeros NR12		Descrição da Figura: Lista de I/Os		= Instalação: Fazer as Seguraças		Revisto: 00	
Localização: Av. Avelino Talmi, 171 - Universitário, Lajeado - RS, 95914-014		Arquivo: TCC 2020_2 - Planta polímeros NR12 Univates REV1.00				+ Local de Montagem: Propriedade: Vitoria Wencio Responsável Técnico: Vitoria Wencio		Página: 45 / 47	

[illegible]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Diagrama CLP										
Nome do projeto TCC 2020_2 - Planta polímeros NR12 Univates REV1.00										
A	Tag do CLP	Endereço	Posicionamento	Texto de Função	Rack	Módulo	Endereço simbólico	Borne		
	= Painel de Segurança+-A7		/28.9F					1		
			/28.10F					6		
		AEH0.0	/36.2F	Reserva			= Painel de Segurança+-X13-25	7		
			/36.3F	=				8		
B			/36.3F	=			= Painel de Segurança+-X13-27	9		
			/36.4F	=				10		
			/36.5F	=			= Painel de Segurança+-X13-29	11		
			/36.6F	=				12		
			/36.6F	=			= Painel de Segurança+-X13-31	13		
			/36.7F	=				14		
			/36.8F	=			= Painel de Segurança+-X13-33	15		
C			/36.9F	=				16		
			/36.9F	=			= Painel de Segurança+-X13-35	17		
			/36.10F	=				18		
D										
E										
F										



Clientes: Universidade do Vale do Taquari

Localização: Av. Avelino Taini, 171 - Universitário,
União - RS 95914-014

Projeto: TCC 2020_2 - Plantas elétricas Planta polímeros
NR12

Arquivos: TCC 2020_2 - Planta polímeros NR12 Univates
REV1.00

Descrição da Página:
Lista de I/Os

Número	Data	Descrição:
02	27/06/2020	Aprovado para a publicação
03	27/06/2020	Projetista: Vitoria Weickert
04	22/09/2020	Projeto final

+ Instalação: Pórtal de Segurança

+ Local de Montagem:

Responsável Técnico: Vitoria Weickert

Assinado: Claudio do Brasilio

Revisto:
00

Página:
47 / 47