

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA  
ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

MÁRIO MARCOS STACECHEN

**RETROFITTING DE MÁQUINAS INJETORAS HIDRÁULICAS  
ATENDENDO À NR12**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

**CURITIBA  
2013**

MÁRIO MARCOS STACECHEN

**RETROFITTING DE MÁQUINAS INJETORAS HIDRÁULICAS  
ATENDENDO À NR12**

Monografia de conclusão do curso de Especialização em Automação Industrial do Departamento Acadêmico de Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Automação Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Valmir de Oliveira

CURITIBA  
2013

## RESUMO

STACECHEN, Mário Marcos. **RETROFITTING de Máquinas Injetoras Hidráulicas Atendendo à NR12**. 50 f. Monografia (Especialização em Automação Industrial) – Programa de Pós-Graduação em Automação Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

Este trabalho tem por objetivo auxiliar o projeto e reforma de injetoras hidráulicas para termoplásticos ou termo fixos para que atendam às normas brasileiras de segurança industrial, mediante a implantação de dispositivos eletrônicos que minimizem o risco de acidentes na operação, manutenção e transporte das máquinas. Analisará as regras contidas na Norma Regulamentadora número 12 (NR12) do Ministério do Trabalho e Emprego referentes a essas máquinas, apresentando algumas soluções de segurança elétrica para atendimento às exigências normativas.

**Palavras-Chave:** NR12. Segurança. Atualização de injetoras.

## **ABSTRACT**

STACECHEN, Mario Marcos. **RETROFITTING for thermoplastic injection machine, hydraulic, according to NR12. 2013.** 50 f. Monografia (Especialização em Automação Industrial) – Programa de Pós-Graduação em Automação Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

The target of this paper is to help the design and retrofitting of hydraulic thermoplastic injection machines according to Brazilian Standards for industrial security, by providing electronic devices which minimizes the hazards in operation, maintenance and transportation of the machines. It will analyze the rules of Regulation Standard n.12 (NR12) issued by Brazilian Department of Labor and Employment referring to those machines, presenting some solutions for electrical security which fits onto standard demands.

**Keywords:** NR12. Security. Injection machines retrofitting

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
EN	Norma Europeia ( <i>European Norm</i> )
IP	Grau de Proteção
ISO	Organização Internacional para Padronização ( <i>International Organization for Standardization</i> )
NBR	Normas Brasileiras
NM	Norma MERCOSUL
NR	Normas Regulamentadoras

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>6</b>
1.1	DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	6
1.2	PROBLEMAS E PREMISSAS .....	7
1.3	OBJETIVOS .....	7
1.4	JUSTIFICATIVA .....	8
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	8
1.6	EMBASAMENTO TEORICO .....	8
1.7	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	9
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>10</b>
2.1	NORMAS REGULAMENTADORAS.....	12
2.2	NORMA REGULAMENTADORA N°12.....	12
2.2.1	NR12 – Corpo.....	13
2.2.2	NR12 – Anexos... ..	14
2.3	COMISSÃO NACIONAL TRIPARTITE TEMÁTICA DA NR 12.....	15
2.4	MÁQUINA INJETORA HIDRÁULICA.....	16
2.4.1	Breve descrição de funcionamento da injetora hidráulica.....	16
2.5	A NR 12 NA INJETORA HIDRÁULICA.....	19
2.5.1	Instalações e Dispositivos Elétricos.....	19
2.5.2	Dispositivos de Partida, Acionamento e Parada.....	20
2.5.3	Sistemas de Segurança.....	21
2.5.4	Observando o anexo IX da NR12.....	24
2.5.5	Componentes pressurizados.....	26
2.6	OS MATERIAIS DE SEGURANÇA ELÉTRICOS.....	27
2.6.1	Descrição de funcionamento de Relés de Segurança.....	27
2.6.2	Materiais externos aos relés.....	29
2.6.3	Alguns fornecedores de material elétrico de segurança.....	29
<b>3</b>	<b>UMA APLICAÇÃO</b> .....	<b>31</b>
3.1	O EQUIPAMENTO.....	31
3.2	AS ALTERAÇÕES.....	31
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>37</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>38</b>
	ANEXO A – Normas técnica de segurança no Brasil.....	41

ANEXO B - Normas Europeias de segurança em equipamentos industriais.....	42
ANEXO C – Tabela de Grau de proteção.....	43
ANEXO D - Exemplo de documento da ABNT.....	44
ANEXO E - Exemplo de documento de certificação.....	45
ANEXO F – Pagina descritiva de sensor Indutivo de segurança .....	46
ANEXO G - Preview IEC 60204-1 .....	47

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 TEMA

O cumprimento às normas da Norma Regulamentadora 12 (NR12), que trata da segurança no trabalho em máquinas e equipamentos industriais, já vem de longa data suscitando dúvidas nos profissionais que atuam na área eletroeletrônica, onde muitas vezes são solicitados a projetar ou atualizar um painel de comando elétrico que quando acionados promoverão movimentos em rolos, esteiras transportadoras, cilindros hidráulicos e os comandos de ligar e desligar os vários tipos de motores existentes, por exemplo.

Em muitas situações temos o dever de trabalhar em parceria com outras áreas tais como nas montagens mecânicas ou hidráulicas dos diversos tipos de equipamentos ou até mesmo para a atualização de forma a atender a Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego.

Para fazer as atualizações em equipamentos, é necessário estudar a NR12 e alguns de seus anexos. Também se faz necessário contatar fornecedores para que a partir de seus materiais, sejam tomadas as decisões de quais produtos serão utilizados e estes produtos devem estar homologados.

Entre as diversas atividades realizadas no processo de atualização de equipamentos para atendimento à NR12, são destaques a produção de dispositivos de proteção (grades) para impedir o acesso às partes perigosas dos equipamentos, atendendo as NBRs, a análise dos esquemas elétricos existentes, a decisão pela melhor forma de inter travamentos elétricos dos novos dispositivos de segurança com os componentes elétricos dos equipamentos sob atualização e finalmente a geração da documentação atualizada, os esquemas elétricos.

O objetivo deste trabalho é auxiliar aos profissionais, que atuam nessa área, para reduzir os erros de implementação que podem levar a acidentes envolvendo estes equipamentos e as pessoas que os circundam, trabalhando diretamente seja em operação ou manutenção.

### 1.1.1 Delimitação do Tema

Será feita uma análise da NR12, somente em sua parte que trata da segurança elétrica em injetoras e alguns detalhes que contemplam à NR10 (Segurança em instalações e serviços em eletricidade). Ao nível de projeto alguns detalhes relevantes da NR17 que trata da ergonomia também serão analisados .

## 1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

As Normas Regulamentadoras - NRs estão disponibilizadas no site do Ministério do Trabalho e Emprego. As Normas Brasileiras - NBRs, as Normas Europeias - ENs ou Organização Internacional para Padronização ISO, que deram origem as NR são pagas. Existe a necessidade de se fazer consulta a um número elevado de NBRs, por exemplo, a norma A depende da B e C que por sua vez cada uma destas tem chamadas para outras 2 , 4 ou até 6 ou mais normas. Existem muitas informações desencontradas circulando no meio industrial a respeito do que é necessário para atender as normas regulamentadoras. Uma das principais dificuldades é a falta de conhecimento sobre as NBRs aplicadas à segurança em equipamentos e a outra é a necessidade de pagamento para ter acesso à informação destas.

## 1.3 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivos: mostrar a origem da NR. Analisar os vários pontos que levam a uma melhor segurança operacional dos equipamentos. Limitando-se as seguranças elétricas que deveram trabalhar em conjunto com as seguranças mecânica e hidráulica, orientandas pela norma (NR12) e seus anexos, vinculadas a injetoras.

Serão apresentadas algumas ideias e implementações realizadas as quais não foram norteadas pelo custo e sim por soluções tecnicamente simples e que levam ao cumprimento das exigências normativas.

#### 1.4 JUSTIFICATIVA

Há uma demanda importante por parte das empresas para atualizarem os seus equipamentos, atendendo dessa forma aos requisitos de segurança. Essa foi a motivação para o desenvolvimento deste trabalho. Facilitar, também, a melhor interação homem/máquina levando a redução de situações de risco.

Nossa ampla experiência na prestação de serviços na área eletroeletrônica industrial e a demanda por parte de diversas empresas, que trabalham com injetoras, para a atualização desses equipamentos e dessa forma atender aos níveis de segurança solicitados, pelo Ministério do Trabalho e Emprego.

#### 1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Inicialmente, é feito o levantamento dos documentos existentes: tais como esquemas, manuais de equipamentos e na falta desses, o levantamento do esquema elétrico, seguindo as fiações e muitas vezes desmontando parcialmente o comando elétrico.

Há a necessidade de pesquisa bibliográfica para nortear as tomadas de decisões. O estudo da NR12, e documentos de possíveis fornecedores de material. Com base nisso, sabe-se como devem ser construídas as proteções, que tipo de materiais deve ser aplicado em cada caso.

Implementar as alterações e testá-las.

Elaborar a documentação necessária.

#### 1.6 EMBASAMENTOS TEÓRICO

Esse trabalho terá como embasamento teórico a análise das NRs aplicáveis a equipamentos industriais, neste caso para injetoras, também das NBRs e ENs. Também serão pesquisados documentos do Ministério do Trabalho e Emprego - MTE, da FUNDACENTRO, publicações da ABIMAQ e catálogos de diversos fabricantes de materiais eletroeletrônicos.

## 1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

Nesse trabalho serão efetuadas:

- A discussão de alguns tópicos a respeito das NRs.
- A pesquisa nas normas (NBRs) que definem os conceitos fundamentais e que tratam de dispositivos condicionadores de segurança aplicáveis.
- O uso do universo das normas de segurança na Europa (EN).
- A sugestão de fabricantes e fornecedores de dispositivos de segurança.
- A apresentação de alguns casos de campo, onde foram feitas as alterações nos equipamentos para continuarem a trabalhar dentro das normas regulamentadoras.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Foram inicialmente listadas a ampla variedade de normas e na sequência destacaremos a NR-12, a qual foi referência para o desenvolvimento da parte prática do presente trabalho. Por último são apresentados conceitos sobre a operação das injetoras bem como as particularidades da NR12 aplicadas a esse tipo de equipamento.

### 2.1 Normas Regulamentadoras (NRs)

As NRs – possuem força de lei e tem caráter fiscalizatório. Elas são utilizadas pelos fiscais do Ministério do Trabalho e Emprego como referência quanto a segurança dos equipamentos e ambientes de trabalho. A Lei 6514, de 22 de dezembro de 1977 altera o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho - CLT relativo à segurança e medicina do trabalho. A portaria 3214, de 08 de junho de 1978 aprova as Normas Regulamentadoras – NRs.

(FUNDACENTRO – GIULIANO, 2012)

Lista das Normas e sua finalidade:

NR 1 - Disposições gerais. Aplicação das normas – OSS.

NR 2 - Inspeção Prévia - Licença de funcionamento.

NR 3 - Embargo ou interdição - Risco Grave eminente.

NR 4 - Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho.

NR 5 - Comissão interna de Prevenção de acidentes.

NR 6 - EPIS Testes / Controles / Uso.

NR 7 - PCMSO Saúde Ocupacional.

NR 8 - Edificações Manutenção / Conservação.

NR 9 - Programa de Prevenção de riscos ambientais.

- NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.
- NR 11 - Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais.
- NR 12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos.
- NR 13 - Caldeiras e Vasos de Pressão.
- NR 14 - Fornos Testes / Manutenção.
- NR 15 - Atividades e Operações Insalubres.
- NR 16 - Atividades e Operações Perigosas.
- NR 17 - Ergonomia Estudo / Análise / Avaliação.
- NR 18 - Construção Civil Mapeamentos / Treinamentos.
- NR 19 – Explosivos, Aquisição / Estoque / Manuseio.
- NR 20 - Inflamáveis/Combustíveis Armazenagem /Sinalização.
- NR 21 - Trabalho a céu aberto.
- NR 22 - Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração - Trabalhos subterrâneos.
- NR 23 - Proteção contra incêndios - Prevenção / Controle / Combate.
- NR 24 - Instalações sanitárias - Higiene / Conforto / Controles.
- NR 25 - Resíduos Industriais - Coleta / Transporte / Destino.
- NR 26 - Sinalização de Segurança.
- NR 27 - Registro Profissional do Técnico de segurança do trabalho. Revogada pela Portaria GM No 262, 29/05/2008.
- NR 28 - Fiscalização / Autuações Prazos – Cálculos – Multas.
- NR 29 - Trabalho Portuário. Aspectos segurança e Saúde.
- NR 30 - Trabalho Aquaviário. Aspectos de Segurança e Saúde.
- NR 31 - Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura. Aspectos de Segurança e Saúde.

NR 32 - Trabalho em Estabelecimentos de Saúde. Aspectos de segurança e Saúde.

NR 33 - Trabalho em Espaços Confinados. Aspectos de Segurança e Saúde.

NR 34 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção e Reparação Naval.

NR 35 – Trabalho em Altura.

NR 36 – Trabalho em Empresas de Abate e Processamento de Carnes e Derivados. Aspectos de Segurança e Saúde.

(Normas Regulamentadoras - 2013)

## 1.1 NORMA REGULAMENTADORA N° 12

A norma regulamentadora n°12 - NR12 é baseada em normas técnicas nacionais como as da ABNT, que originaram das Normas Europeias - ENs.

Como demonstrado com a tradução de uma parte da atual ISO 12100-1, que apresenta a divisão das normas. E no anexo A estão apresentadas as normas nacionais.

*-Typ-A-Normen (Sicherheitsgrundnormen) behandeln Grundbegriffe, Gestaltungsleitsätze und allgemeine Aspekte, die auf Maschinen angewandt werden können;*

- Normas Tipo A (Normas básicas de segurança) que lidam com conceitos básicos, princípios de design e aspectos gerais que podem ser aplicados a máquinas;

*-Typ-B-Normen (Sicherheitsfachgrundnormen) behandeln einen Sicherheitsaspekt oder eine Art von Schutzeinrichtungen, die für eine ganze Reihe von Maschinen verwendet werden können:*

Normas Tipo B (normas de segurança genéricas) que lidam com um aspecto de segurança, ou um tipo de equipamento de proteção que pode ser usado em uma ampla gama de máquinas:

*Typ-B1-Normen für bestimmte Sicherheitsaspekte (z. B. Sicherheitsabstände, Oberflächentemperatur, Lärm);*

Tipo padrões B1 sobre aspectos específicos de segurança (por exemplo, distâncias de segurança, temperatura da superfície, ruído);

*Typ-B2-Normen für Schutzeinrichtungen (z. B. Zweihandschaltungen, Verriegelungseinrichtungen, druckempfindliche Schutzeinrichtungen, trennende Schutzeinrichtungen);*

Tipo B2 padrões em matéria de garantias (por exemplo, controles bimanuais, dispositivos de intertravamento, dispositivos sensíveis à pressão, guardas);

*Typ-C-Normen (Maschinensicherheitsnormen) behandeln detaillierte Sicherheitsanforderungen an eine bestimmte Maschine oder Gruppe von Maschinen.*

Normas Tipo-C (normas de segurança da máquina) que lidam com os requisitos de segurança detalhada para uma determinada máquina ou grupo de máquinas. (Maschinensicherheit)

Voltando à NR12, observa-se que ela está na sua sexta atualização em 09/12/2011. (NR12 2011).

A estruturação da NR 12:

Parte principal – O corpo da norma com 19 títulos.

Princípios Gerais (essência da norma). Garantir a segurança em todas as fases da vida da máquina, em todos os setores econômicos: Projeto, utilização, fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título.

Anexos I, II, III e IV informações complementares para entendimento do corpo e demais anexos.

Anexos de V a XII especificidades sobre determinado tipo de máquina. (Melo, 2013)

### 2.2.1 NR12 – Corpo

- Princípios gerais: 12.1 até 12.5.
- Arranjos Físicos e Instalações: 12.6 até 12.13.
- Instalações e Dispositivos Elétricos: 12.14 até 12.23.
- Dispositivos de Partida, Acionamento e Parada: 12.24 até 12.37.
- Sistemas de Segurança: 12.38 até 12.55.1
- Dispositivos de Parada de Emergência: 12.56 até 12.63.1
- Meios de Acessos permanentes: 12.64 até 12.76.1

- Componentes pressurizados: 12.77 até 12.84.1
- Transporte de materiais: 12.85 até 12.93.1
- Aspectos Ergonômicos: 12.94 até 12.105.
- Riscos adicionais: 12.106 até 12.110.
- Manutenção, Inspeção, Preparação, Ajustes e Reparos: 12.111 até 12.115.
- Sinalização: 12.116 até 12.124.1
- Manuais: 12.125 até 12.129.
- Procedimentos de Trabalho e Segurança: 12.130 até 12.132.1.
- Projeto, Fabricação, Importação, Venda, Locação, Leilão, Cessão a qualquer Título, Exposição e Utilização: 12.133 até 12.134.
- Capacitação: 12.135 até 12.147.2
- Outros Requisitos Específicos de Segurança: 12.148 até 12.152.
- Disposições Finais – 12.153 até 12.155

#### 2.2.2 NR12 - Anexos:

- I – Distâncias de segurança e requisitos para o uso de detectores de presença opto eletrônicos.
- II – Conteúdo programático da capacitação.
- III – Meios de acesso permanentes.
- IV – Glossário.
- V – Moto serras.
- VI – Máquinas para panificação e confeitaria.
- VII – Máquinas para açougue e mercearia.
- VIII – Prensas e similares.

IX – Injetoras de materiais plásticos.

X – Máquinas para fabricação de calçados e afins.

XI – Máquinas e implementos para uso agrícola e florestal.

XII – Equipamentos de guindar para elevação de pessoas e realização de trabalho em altura.

## 1.2 COMISSÃO NACIONAL TRIPARTITE TEMÁTICA DA NR 12

Para uma melhor análise da NR12 foi criada uma comissão tripartite formada por elementos representando os trabalhadores, empregadores e governo:

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO  
SECRETARIA DE INSPEÇÃO DO TRABALHO  
PORTARIA N.º 233 DE 09 DE JUNHO DE 2011

Estabelece a competência e a composição da Comissão Nacional Tripartite Temática da Norma Regulamentadora n.º 12.

Art.1º A Comissão Nacional Tripartite Temática da Norma Regulamentadora n.º 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos – (CNTT NR-12), criada pela Portaria SIT n.º 197, de 17 de dezembro de 2010, tem por competência:

I. Elaborar e divulgar instrumentos e materiais consultivos que contribuam para a implementação do disposto na Norma Regulamentadora n.º 12;

II. Incentivar a realização de estudos e debates visando ao aprimoramento permanente da legislação;

III. Avaliar distorções ou efeitos não previstos ou não pretendidos da regulamentação;

IV. Sugerir, quando necessária e ouvida a Comissão tripartite Paritária Permanente - CTPP, a criação de grupos de trabalho subcomissões e comissões estaduais ou regionais; e

V. contribuir para a melhoria e aperfeiçoamento das práticas da regulamentação, propondo atualizações ou alterações na legislação.

Art. 2º A CNTT da NR-12 compõe-se de cinco membros titulares representantes das bancadas de Governo, os Empregadores e dos Trabalhadores, nomeados pela Secretaria de Inspeção do Trabalho - SIT, conforme indicação formal do Coordenador da bancada na CTPP.

Art. 3º A CNTT da NR-12 obedecerá ao regimento interno das Comissões Nacionais Tripartites Temáticas estabelecido pela Portaria SIT n.º 186, de 28 de maio de 2010.

Art. 4º A CNTT da NR-12 será coordenada por representante da bancada do Governo, designado pelo Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho - DSST / SIT .

Art. 5º Esta Portaria entra em vigor na data da sua publicação.

(CNTT- NR-12)

## 2.4 MÁQUINA INJETORA HIDRÁULICA

Este trabalho está voltado à análise das normas de segurança descritas na NR12, aplicáveis a máquinas injetoras hidráulicas nas quais os acionamentos dos eixos são executados por circuitos de potência hidráulicos, compostos por motores elétricos, bomba hidráulica e cilindros hidráulicos (NR 12 - Anexo IX).

Na Figura 1 está representado o modelo de injetora ao qual esse trabalho se dirige e a indicação de algumas das partes desse equipamento:

- 1 - Canhão de injeção e sua proteção;
- 2 - Motor elétrico, e normalmente em seu eixo está fixado à bomba hidráulica;
- 3 - Conjunto de fechamento e suas proteções;
- 4 - Painel elétrico.

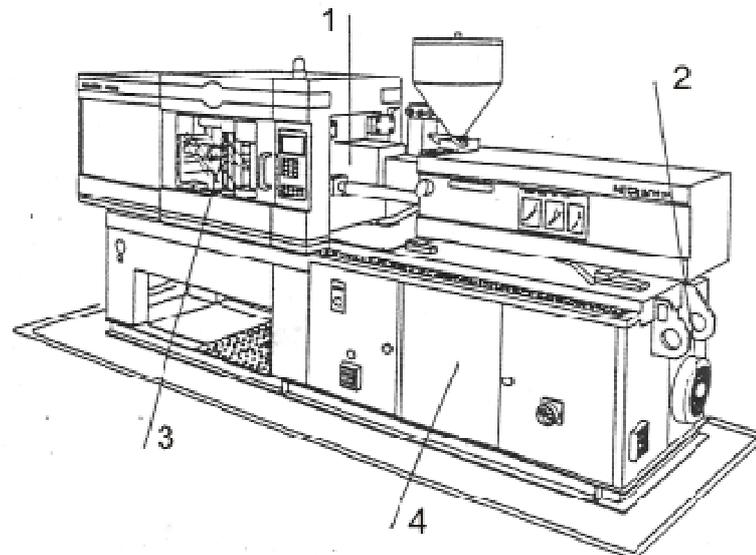


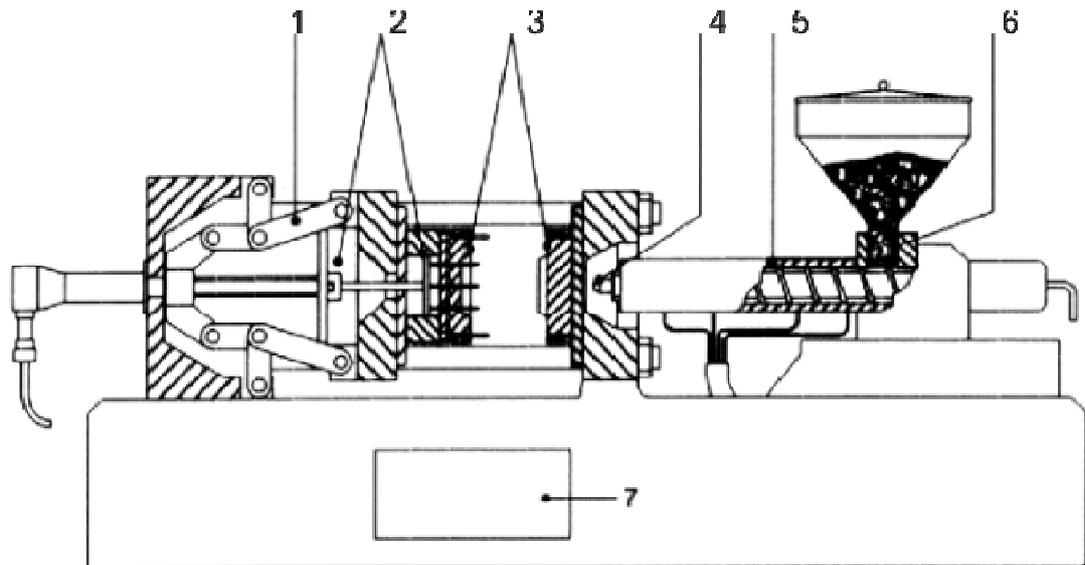
Figura 1- Vista de uma injetora hidráulica.  
Adaptado de Negri Bossi

### 2.4.1 Breve descrição do funcionamento da injetora hidráulica

O produto final de uma injetora são peças plásticas, que dependerão do tamanho da máquina e do molde instalado e do processo como um todo. Por

exemplo, podemos ter uma caneca plástica, um prato, uma cadeira ou até mesmo conexões para tubulações.

Como pode ser visto na Figura 2, a injetora, agora sem suas proteções, tem várias partes móveis ou quentes para realizar o seu ciclo de transformação. Primeiramente deve-se ter um molde para formar a peça desejada. Por exemplo: um molde de prato com dimensões e peso compatíveis com o equipamento (Figura 2 - item 3).



- 1 - Conjunto de fechamento
- 2 - Placa móvel - extratores/machos
- 3 - Molde
- 4 - Bico de injeção
- 5 - Aquecimento da rosca
- 6 - Entrada de material na rosca
- 7 - Saída das peças injetadas

Figura 2- Injetora sem suas proteções.

Fonte NBR13536 (ASSOCIAÇÃO..., 1995, p. 3) - c/ adaptação.

Deve-se ter a matéria prima: O plástico, que neste tipo de processo é colocado no funil do equipamento (Figura 2 - item 6). Ele sofrerá uma transformação, pois será derretido e homogeneizado ao passar pelo canhão, com o auxílio do giro da rosca que trabalha em temperaturas da ordem de 180°C, esta temperatura dependerá do material utilizado (Figura 2 - item 5).

O volume de injeção, que completará a peça injetada, é determinado pelo deslocamento da rosca dentro do canhão de injeção. Este material, na forma líquida, sairá pelo bico de injeção (Figura 2 - item 4) e entrará no molde. Para isso ocorrer,

no momento da injeção o molde deverá estar fechado e o bico firmemente encostado ao canal de injeção do molde. Após a injeção do material no interior do molde, ocorrem duas coisas simultaneamente:

a) Inicia-se o tempo de refrigeração da peça: como ela está no interior do molde e ele fechado, o material lá dentro toma a forma do molde e então forma-se a peça.

b) Após a injeção, a rosca no interior do canhão começa a girar para retornar à posição que é chamada de fim de dosagem, quando deste movimento, o material que sai do funil na forma de pequenos grãos, passa entre a rosca e a parede interna do canhão, este aquecido, formando uma massa na frente da rosca com fluidez suficiente para ser deslocada para o interior do molde na próxima injeção, que será no próximo ciclo.

Findo o tempo de resfriamento o molde abre para que a peça contida em seu interior possa ser retirada. A extração desta peça pode ser realizada de várias formas:

- Com extrator hidráulico: Normalmente é um cilindro hidráulico fixado na placa móvel (Figura 2 - item 2) que quando solicitado aciona uma peça (extrator) no molde para que a(s) peça(s) saia(m) de sua(s) cavidade(s).

- Com extração através de ares: São válvulas pneumáticas atuadas eletricamente. Estas liberam um determinado fluxo de ar comprimido possibilitando a extração de peças do molde.

- Pode-se ter machos elétricos ou hidráulicos para mover certas partes dos moldes para a extração das peças. Muito utilizado na injeção de peças com roscas ou conexões de PVC.

- A associação dos dispositivos acima mencionados, também, é bastante comum.

Finalmente a saída da(s) peça(s) (Figura 2 - item 7). Normalmente elas caem do molde, com o auxílio dos sistemas de extração, saindo por esta abertura na parte inferior do conjunto de fechamento. Outra forma de retirar as peças é com manipuladores (robôs) que com auxílio de ventosas retiram as peças do molde pela parte superior, depositando-as em suas embalagens para o transporte ou em cima de vias de transporte.

Existem, ainda, as injetoras com fechamento vertical e as de carrossel. Esta última é normalmente empregada na indústria calçadista, pois tem um canhão de

injeção e um carrossel com vários moldes, à concepção desta foi gerada pela necessidade de um longo tempo de refrigeração para cada cepa (calçado injetado). Há injetoras que trabalham na área de fundição, as matérias primas são o alumínio e o zamak. O molde, também chamado de ferramenta, e conjunto de fechamento é praticamente idêntico ao dos equipamentos para plástico. A grande diferença está no conjunto de injeção que trabalham com estes metais na forma líquida, muitas vezes, de um cadinho é retirado o material e colocado no canhão de injeção. Estas máquinas não tem rosca no seu canhão.

## 2.5 A NR 12 NA INJETORA HIDRÁULICA:

Nesse trabalho vamos nos ater aos itens relacionados a dispositivos eletroeletrônicos.

### 2.5.1 - Instalações e Dispositivos Elétricos: itens de 12.14 até 12.23 da NR 12.

As instalações elétricas deverão atender a NR 10. O equipamento deverá, também, estar aterrado em atendimento às normas.

A alimentação da máquina deve atender os itens 12.15 a 12.17 da NR 12:

12.15 Devem ser aterrados, conforme as normas técnicas oficiais vigentes, as instalações, carcaças, invólucros, blindagens ou partes condutoras das máquinas e equipamentos que não façam parte dos circuitos elétricos, mas que possam ficar sobtensão.

12.16 As instalações elétricas das máquinas e equipamentos que estejam ou possam estar em contato direto ou indireto com água ou agentes corrosivos devem ser projetadas com meios e dispositivos que garantam sua blindagem, estanqueidade, isolamento e aterramento, de modo a prevenir a ocorrência de acidentes.

12.17 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) facilitar e não impedir 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, ou seja, auto extingüíveis, e não emitirem substâncias tóxicas em caso de aquecimento.

(NR12 – 2011)

Do item 12.18 até 12.21 (NR12 – 2011) constam alguns itens importantes a serem observados nos quadros ou painéis elétricos das máquinas: devem possuir o grau de proteção - IP que atenda as condições do ambiente, possuir porta de acesso e mantê-la fechada (ver anexo C para as classes de proteção).

Possuir proteções e identificações dos circuitos, identificação quanto ao risco de choque elétrico e restrição de acesso a pessoas não autorizadas e mantê-los limpos. Observar as ligações e derivações dos fios/cabos para assegurar resistência mecânica e contato elétrico adequado. Devem possuir dispositivo protetor contra sobre corrente, para proteção do circuito que a alimenta. E circuitos para proteção de sobre tensão e inversão de fase quando isto puder ocasionar riscos de acidentes. 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;
- c) a existência de partes energizadas expostas de circuitos que utilizam energia elétrica.

#### 2.5.2 - Dispositivos de Partida, Acionamento e Parada: 12.24 até 12.37.

12.24 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) não possam ser burlados.

12.25 Os comandos de partida ou acionamento das máquinas devem possuir dispositivos que impeçam seu funcionamento automático ao serem energizadas.

12.32 As máquinas e equipamentos, cujo acionamento por pessoas não autorizadas possam oferecer risco à saúde ou integridade física de qualquer pessoa, devem possuir sistema que possibilite o bloqueio de seus dispositivos de acionamento.

12.36 Os componentes de partida, parada, acionamento e outros controles que compõem a interface de operação das máquinas devem:

- a) operar em extra-baixa tensão de até 25V (vinte e cinco volts) em corrente alternada ou de até 60V (sessenta volts) em corrente contínua; e

b) possibilitar a instalação e funcionamento do sistema de parada de emergência, conforme itens 12.56 a 12.63 e seus subitens.

12.37 O circuito elétrico do comando da partida e parada do motor elétrico de máquinas deve possuir, no mínimo, dois contatores com contatos positivamente guiados, ligados em série, monitorados por interface de segurança ou de acordo com os padrões estabelecidos pelas normas técnicas nacionais vigentes e, na falta destas, pelas normas técnicas internacionais, se assim for indicado pela análise de risco, em função da severidade de danos e frequência ou tempo de exposição ao risco.

(NR12 – 2011)

### 2.5.3 - Sistemas de Segurança: 12.38 até 12.55.1

12.38 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 garantam proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores.

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

- a) ter categoria de segurança conforme prévia análise de riscos prevista nas normas técnicas oficiais vigentes;
- 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 não possam ser neutralizados ou burlados;
- e) manterem-se sob vigilância automática, ou seja, monitoramento, 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.

No Anexo I da NR12 há o quadro demonstrativo de distâncias seguras para impedir o acesso a zonas de perigo pelos membros superiores, extraída da ABNT NBRNM ISO 13852. Para uma melhor análise, ver as normas tipo B no anexo A.

12.40 Os sistemas de segurança, de acordo com a categoria de segurança requerida, devem exigir rearme, ou reset manual, após a correção da falha ou situação anormal de trabalho que provocou a paralisação da máquina.

12.41 Para fins de aplicação desta Norma, 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 específicas; e
- 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.

(NR12 – 2011)

Nas injetoras temos três proteções móveis: Grade dianteira, grade traseira e proteção do bico injetor.

12.42 Para fins de aplicação desta Norma, consideram-se dispositivos de segurança os componentes que, por si só ou interligados ou associados a proteções, reduzam os riscos de acidentes e de outros agravos à saúde, sendo classificados em:

- a) comandos elétricos ou interfaces de segurança: dispositivos responsáveis por realizar o monitoramento, que verificam a interligação, posição e funcionamento de outros dispositivos do sistema e impedem a ocorrência de falha que provoque a perda da função de segurança, como relés de segurança, controladores configuráveis de segurança e controlador lógico programável - CLP de segurança;
- b) dispositivos de intertravamento: chaves de segurança eletromecânicas, com ação e ruptura positiva, magnéticas e eletrônicas codificadas, optoeletrônicas, sensores indutivos de segurança e outros dispositivos de segurança que possuem a finalidade de impedir o funcionamento de elementos da máquina sob condições específicas;
- c) sensores de segurança: dispositivos detectores de presença mecânicos e não mecânicos, que atuam quando uma pessoa ou parte do seu corpo adentra a zona de perigo de uma máquina ou equipamento, enviando um sinal para interromper ou impedir o início de funções perigosas, como cortinas de luz, detectores de presença optoeletrônicos, laser de múltiplos feixes, barreiras óticas, monitores de área, ou scanners, batentes, tapetes e sensores de posição;
- d) válvulas e blocos de segurança ou sistemas pneumáticos e hidráulicos de mesma eficácia;
- e) dispositivos mecânicos, como: dispositivos de retenção, limitadores, separadores, empurradores, inibidores, defletores e retráteis; e
- f) dispositivos de validação: dispositivos suplementares de comando operados manualmente, que, quando aplicados de modo permanente, habilitam o dispositivo de acionamento, como chaves seletoras bloqueáveis e dispositivos bloqueáveis.

(NR12 – 2011)

Um item que cresce aos olhos é o termo chaves eletromecânicas com ruptura positiva, como está escrito no item 12.42 – b. E, para tanto, temos duas descrições do que seja o termo ruptura positiva:

Ruptura Positiva (ou Abertura Positiva).

Um interruptor tem ruptura positiva quando todos os elementos do contato normalmente fechado (NF) podem ser levados, com certeza, à posição de abertura. Não há ligação elástica entre o contato móvel e o elemento de acionamento onde a força é aplicada. Com o sistema de ruptura positiva, mesmo com uma eventual anomalia interna do interruptor, por exemplo colagem de contato, a abertura do contato NF e

"o desligamento" do circuito controlado por este interruptor estará garantido.

O símbolo acima (conforme EN 60947-5-1 anexo K) identifica o interruptor que tem ruptura positiva do contato NF. Portanto, levando isso em consideração, ligaremos o circuito de segurança no contato NF do interruptor e o circuito de sinalização no contato NA.

Outro ponto importante a ser considerado no projeto da montagem do interruptor num determinado circuito, é que os valores de força e curso indicados pelo fabricante para garantir a ruptura positiva sejam respeitados. Só assim estará garantida a ruptura positiva.

(KAP)

Ruptura positiva (de um contacto de comutação segundo a norma EN 60204-1) Separação de um contacto como resultado directo de um movimento determinado da parte operativa do interruptor mediante peças não flexíveis.

(Schmersal)

Esses dispositivos devem manter a condição segura mesmo após o corte e retorno da alimentação dos circuitos (NR12 -12.43). Uma representação esquemática para dar a idéia de funcionamento destes dispositivos está mostrada na figura 3.

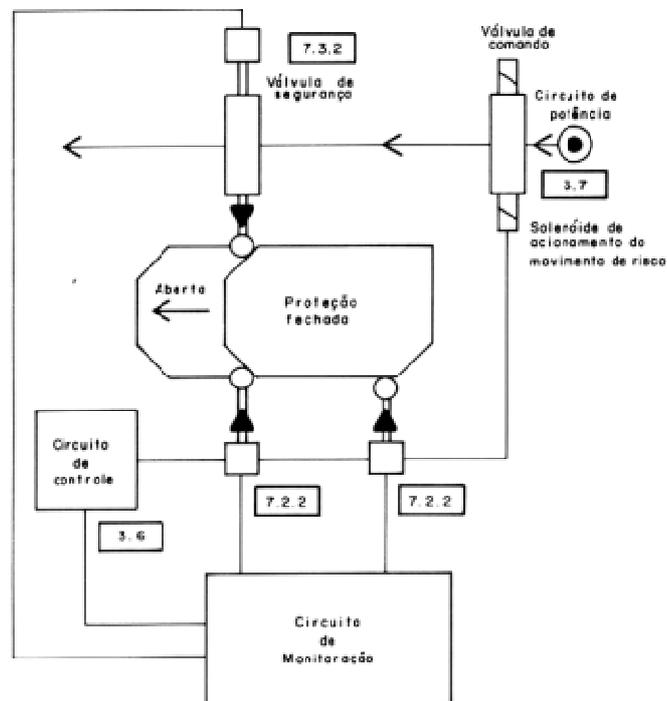


Figura 3 - Exemplo de um sistema de segurança.  
Fonte: NBR13536 (ASSOCIAÇÃO..., 1995, p. 6).

Um exemplo de dispositivos de segurança junto a grade dianteira pode ser observado na figura 4.

Na vista (B) temos a posição de tais elementos, na também conhecida como grade do operador em uma injetora. Na vista (A) visualizamos as duas chaves eletromecânicas que deverão estar ligadas a interface de segurança. Na vista (C) a segurança hidráulica, com atuação direta sob as válvulas de fechamento do molde.

#### 2.5.4 Observando o anexo IX da NR12:

1.2.1. Perigos relacionados à área do molde.

1.2.1.1. O acesso à área do molde onde o ciclo é comandado, ou frontal, deve ser impedido por meio de proteções móveis intertravadas - portas, dotadas de duas chaves de segurança eletromecânicas monitoradas por interface de segurança, atuando na unidade de comando de tal forma que a falha em qualquer um dos dispositivos de intertravamento ou em sua interligação seja automaticamente reconhecida e ainda seja impedido o início de qualquer movimento posterior de perigo, conforme os itens 12.38 a 12.55 e subitens subsequentes desta Norma.

1.2.1.1.1. Quando utilizadas chaves de segurança magnéticas, eletrônicas codificadas ou optoeletrônicas, entre outras sem atuação mecânica, pode ser adotada apenas uma chave para o intertravamento, devendo o monitoramento ser mantido por interface de segurança.

1.2.1.2. Além do disposto no subitem 1.2.1.1 deste Anexo, a proteção frontal deve atuar no circuito de potência por meio de uma válvula monitorada ou, de maneira indireta, por meio de duas chaves de segurança eletromecânicas monitoradas por interface de segurança, exceto para as máquinas injetoras elétricas.

1.2.1.2.1. Quando utilizadas chaves de segurança magnéticas, eletrônicas codificadas ou optoeletrônicas, entre outras sem atuação mecânica, pode ser adotada apenas uma chave para essa função, mantendo-se o monitoramento por interface de segurança.

1.2.1.3. Quando utilizadas chaves de segurança magnéticas, eletrônicas codificadas ou optoeletrônicas, entre outras sem atuação mecânica, pode ser adotado apenas um dispositivo de intertravamento, monitorado por interface de segurança, para o atendimento de cada um dos subitens 1.2.1.1 e 1.2.1.2 deste Anexo.

1.2.1.4. O acesso à área do molde onde o ciclo não é comandado, ou traseira, deve ser impedido por meio de proteções móveis intertravadas - portas, dotadas de duas chaves de segurança eletromecânicas monitoradas por interface de segurança, que atuem no circuito de potência, e desliguem o motor principal.

1.2.1.4.1. Quando utilizadas chaves de segurança magnéticas, eletrônicas codificadas ou optoeletrônicas, entre outras sem atuação mecânica, pode ser adotada apenas uma chave para essa função, mantendo-se o monitoramento por interface de segurança.

1.2.1.7. Deve ser instalado dispositivo mecânico de segurança autorregulável, de tal forma que atue independente da posição da placa,

ao abrir a proteção - porta, interrompendo o movimento dessa placa sem necessidade de qualquer regulagem, ou seja, sem regulagem a cada troca de molde.

1.2.1.8. As proteções móveis intertravadas - portas, devem ainda proteger contra outros movimentos, e quando forem abertas, devem:

- a) interromper o ciclo; a plastificação pode continuar se o espirramento de material plastificado for impedido e a força de contato do bico não puder provocar situações de perigo;
- b) impedir movimento de avanço da rosca ou pistão de injeção;
- c) impedir movimento de avanço da unidade de injeção; e
- d) impedir movimentos perigosos dos extratores de machos e peças e de seus mecanismos de acionamento.

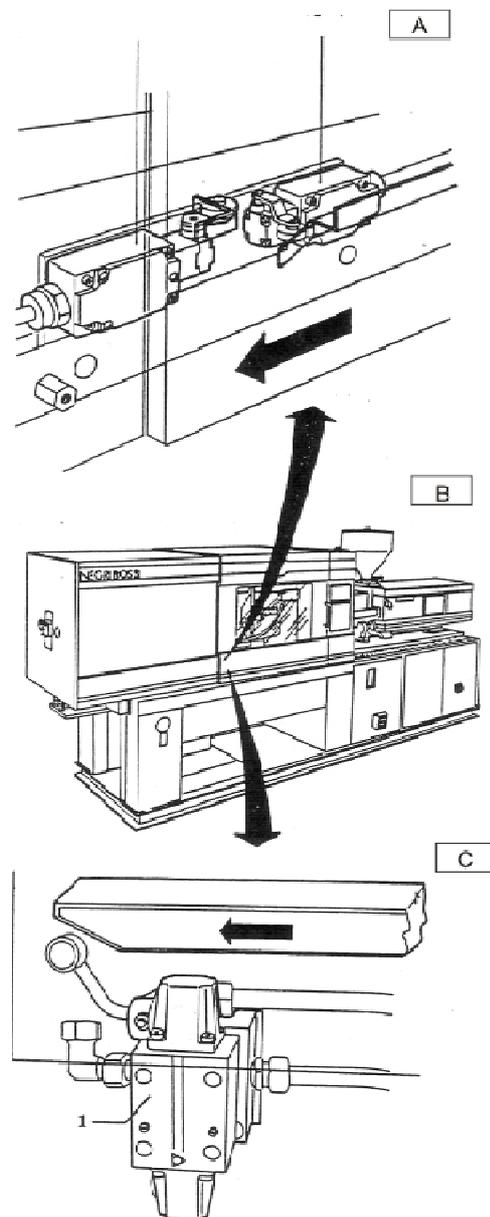


Figura 4 - Exemplo de detalhes das proteções na porta frontal.  
Fonte - Negri Bossi (C/ adaptação).

### 2.5.5 - Componentes pressurizados: 12.77 até 12.84.1

Estes itens tratam os circuitos hidráulicos da injetora, mas estas válvulas são comandadas pelos circuitos elétricos, que devem prever as situações de parada e não causar movimentos inesperados.

Um elemento que deve ter uma atenção especial são os acumuladores: Quando a máquina está em operação armazenam óleo hidráulico para acelerar certos movimentos no equipamento. Normalmente é utilizado no circuito de injeção para acelerar a injeção de material no molde. Pois a bomba hidráulica, muitas vezes não consegue mantê-la a pressão e a vazão necessárias, estes circuitos hidráulicos trabalham com pressões em torno de 140 bar. Na figura 5, é mostrado um exemplo de acumulador, este é um modelo conhecido como de bexiga. Pois a bexiga fica pressurizada com nitrogênio, a bomba hidráulica fornece óleo para o conjunto vencendo a força do gás e acumulando um volume pré estabelecido de óleo. Quando é aberta a válvula de saída para o óleo, ele entra no circuito hidráulico e somar-se-a a vazão e pressão do fluido gerado pela bomba hidráulica acelerando determinado(s) movimento(s).

Observando-se a norma:

12.80 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.

12.81 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.

(NR12 – 2011)

1.2.1.9.5.1. A atuação da parada de emergência deve interromper todos os movimentos e descarregar os acumuladores hidráulicos.

(NR12 - 2011 – anexo IX)

Este item do anexo IX, lembra-nos da necessidade de quando desligarmos a bomba deverá entrar um circuito hidráulico (normalmente pilotado eletricamente) para descarga deste acumulador.

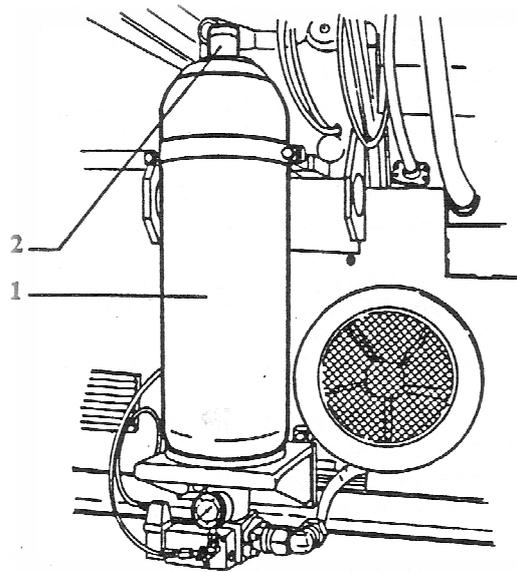


Figura 5 - Exemplo de acumulador.  
Fonte: Negri Bossi (C/ adaptação).

## 2.6 OS MATERIAIS DE SEGURANÇA ELÉTRICOS:

Nesse item faremos uma breve descrição do funcionamento de alguns dispositivos elétricos utilizados na adequação das injetoras.

### 2.6.1 Descrição de funcionamento de Relés de Segurança:

Os Controles de Parada de Emergência foram desenvolvidos para elevar o nível de segurança do sistema de parada de emergência de máquinas. Estes controles supervisionam os contatos de botões de emergência, de sensores utilizados em grades de proteção e de outros dispositivos cuja importância seja vital para a segurança do sistema.

- Entradas

Os controles de parada de emergência CP-W e CP-D possuem duas entradas em sistema duplo canal com proteção antiburla, uma das entradas prevê acionamento com sinal positivo e outra sinal negativo (não podem ser "jumpeadas"). Devido ao funcionamento do circuito não é possível manter uma entrada acionada e comutar a outra, ou seja, as entradas devem ser ligadas sempre em duplo canal.

As entradas devem ser ligadas com contatos normalmente fechados, conforme descrito neste manual. Estes contatos podem ser de botões de emergência com ruptura positiva, ou sensores de grade, ou qualquer outro sistema onde necessite de monitoramento de chaves ou botões.

- Modo de operação:

Para a saída ser acionada é necessário habilitar as entradas e em seguida pulsar o botão "start manual", evidenciando o acionamento intencional e consciente das saídas.

- *Safety Relays:*

Os Controles de parada de emergência CP-D e CP-W possuem três contatos de segurança NA em duplo canal compatível com sistema categoria 4 de segurança, e um contato auxiliar NF.

- Funcionamento.

Com o circuito energizado dentro da tensão nominal e em repouso (entradas inativas), todas as saídas permanecerão desligadas. Mesmo que as entradas S11/S12 e S21/S22 sejam atuadas os relés de segurança permanecerão desligado, aguardando o acionamento do botão "start manual". Quando pressionado o atraca mento dos relés de segurança é realizado e o sistema entra em operação, permanecendo assim até que uma ou as duas entradas sejam desativadas.

Para um novo acionamento (novo ciclo) as duas entradas, S11/S12 e S21/S22, devem estar desativadas e novamente atuadas.

- Funções de auto *check*:

1 - Acionamento individual das entradas:

As entradas podem ser atuadas individualmente em sistema duplo canal sem a necessidade de simultaneidade. Entretanto quando for pressionado o botão "start manual", necessariamente as duas entradas deverão estar atuadas para acionamento do sistema.

2- Curto circuito das entradas:

O CP-W e o CP-D adotam polaridade negativa para acionamento da entrada S11/S12 e polaridade positiva para acionamento da entrada S21/S22, portanto não podem ser "jumpeadas" (transformadas em entrada canal simples). Normas aplicadas: IEC 60204-1 e DIN EN 418. (Instrutech, 2013)

Uma curiosidade: No Anexo G, temos uma amostra da IEC 60204\_1, observar a quantidade de normas que ela faz referência.

Na figura 6 temos um exemplo de ligação deste tipo de equipamento. Na função com "*feed back*" para voltarmos à condição de trabalho é necessário que o botão de emergência esteja desacionado, ou seja, a entrada formada pelos pontos S11 e S12 esteja fechada assim como as entradas S21 e S22. Para fecharmos os contatos entre os pontos 13 e 14, 23 e 24, 33 e 34 é necessário darmos um pulso entre os pontos Y1 e Y2. Temos os contatores K1, K2 e K3 monitorados, pois se um destes estiver preso os seus contatos normalmente fechados (NF) não estarão em sua posição de repulso, impedindo o start do relé de segurança.

Detalhes construtivos dos relés de segurança podem ser observados em parte do manual da Siemens mostrado abaixo:

Os relés de segurança tipos 3TK28 21 a 28 e 3TK28 30, 34 e 35 operam internamente com relés de segurança com contatos de abertura positiva. Os contatos dos relés atendem às exigências de condução forçada conforme a ZH 1/457, edição 2, 1978. Isso significa que os contatos NA e NF não podem estar simultaneamente fechados. Em um circuito redundante é feita a supervisão da função dos componentes internos. No caso de um componente ou relé seguro interno ao relé de segurança apresentar defeito, o relé de

segurança comutará o circuito, forçadamente, para o estado de repouso, ou seja, para a situação segura. O defeito será detectado e o relé de segurança não poderá mais ser rearmado. Através da utilização de contatos NF e NA para esta mesma função, cumpre-se a exigência de diversidade. (Siemens, 2013)

Para equipamentos de segurança o fornecedor deverá apresentar a homologação do material. Para este relé de segurança (CP-D) a sua certificação está mostrada no anexo E.

### 2.6.2 Materiais externos aos relés

Externos aos relés há os contadores de segurança que também devem atender ao conceito de ruptura positiva. Os sensores indutivos de segurança, neste caso, em vez serem utilizados com dois fins de curso em cada porta da máquina foi feito o uso de um por proteção, atendendo a norma.

Chaves de segurança: Componente usado para interromper o movimento de perigo e manter a máquina desligada enquanto a porta de proteção estiver aberta. Deve ser instalado utilizando-se o princípio de ruptura positiva, que garante a interrupção do circuito de comando. Uma chave de posicionamento possui ruptura positiva quando seus contatos, normalmente fechados (NF), estão ligados de forma rígida ao dispositivo de proteção da máquina. Sempre se devem levar em conta as características de aplicação de cada chave. A chave de segurança não deve permitir a sua manipulação através de meios simples (por ex. chaves de fenda, pregos, fitas, e outros).

(Schmersal, 2013)

### 2.6.3 Alguns fornecedores de material elétrico de segurança

Alguns fornecedores de materiais elétricos de segurança encontram-se listados na sequência.

- ABB – *Safety Handbook*: (ABB, 2013) Ao final deste manual há uma sucessão de quatorze certificados de material elétrico de segurança deste fornecedor, que também podem ser vistos como exemplo.

- Rockwell Automation: (Rockweell, 2013) - Aplicações de proteções e esquema elétrico. Apresentam os seus produtos e a forma de ligação dos mesmos e os níveis de segurança.
- Siemens: (Siemens, 2013) - linha: SIRIUS - *Safety Integrated* - Relés de segurança 3TK28. Existem inúmeros exemplos de circuitos de proteção. No Capítulo 11 da p. 14 à p.26 são apresentados inúmeros exemplos de circuitos atendendo a NBR 14153 e as várias categorias de circuitos de proteção atendendo a NBR 14153.
- Schmersal: (Schmersal, 2013) - Relés de segurança. Análise de riscos segundo NBR 14009, EN 954-1 e NBR 14153 e indicação de outros catálogos que completam aplicação dentro da sua marca.
- Schneider-electric: (Schneider, 2013) - Safe Machinery Handbook. Neste documento está apresentada toda a Linha produzida para aplicações de segurança. Na p. 26 deste material há um guia interessante para seleção do material deste fabricante, baseado em figuras e a posição de aplicação dos seus materiais.
- WEG: (WEG, 2013) - Linha *Safety* – Catálogo da Linha de produtos de segurança. Neste documento a uma tabela bem elaborada sobre as categorias de segurança e os seus requisitos. Categorias B, 1, 2, 3 e 4 conforme a NBR14153.

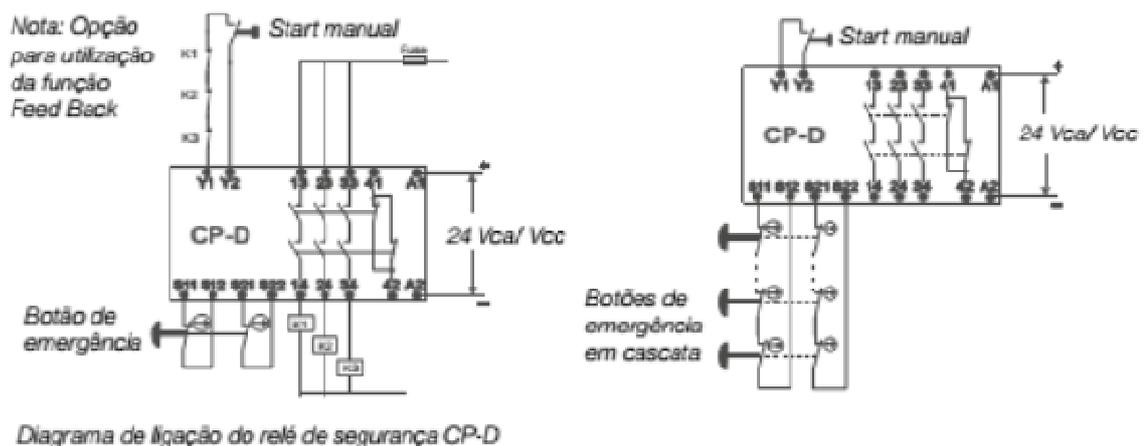


Figura 6 - Forma de ligação dos relés de parada de emergência.  
Fonte - (Instrutech, 2013).

### 3 APLICAÇÃO

#### 3.1 O equipamento

Injetora hidráulica marca: Semeraro. Ano 1989. Modelo PPIS140. Tal máquina tem força de fechamento de 140 k N, usualmente costuma-se falar 140 toneladas e volume de injeção de 250g.

#### 3.2 As alterações:

1) Instalação dos dois relés de segurança e os seus contadores auxiliares para os Inter travamentos necessários, como pode ser visto na Figura 7.

Para o rearme dos relés é necessário que os contadores de CS1 a CS4 e o contator CM2S estejam desativados e não travados, contato colado (monitoramento do estado dos contadores), pois o circuito série formado por seus contatos NF (normalmente fechado), deve permitir um pulso nas entradas Y1 e Y2 dos respectivos relés. Depois de pressionado o botão de *reset* manual, se os relés encontraram os seus circuitos fechados (S11 com S12 e S21 com S22), fecharam as saídas 13 e 14, 23 e 24 e, também, 33 com 34. Na Figura 12-c mostra-se a foto da montagem dos relés e seus respectivos contadores auxiliares, antes da organização final do painel.

2) Foram substituídos os fins de curso mecânicos e instalados os sensores indutivos de segurança, nas portas dianteira e traseira do equipamento. A visualização e forma de instalação estão mostradas na Figura 13. A representação elétrica está na Figura 7 – ligação dos relês de segurança.

3) A construção mecânica da proteção do bico e instalação do respectivo sensor de proteção. Pode ser visto na Figura 13-b.

4) No circuito de potência da bomba hidráulica foi instalado um segundo contator, em série com a estrela triângulo de partida. Conforme demonstrada as ligações elétricas nas Figuras 11 e 12.

Os sensores da porta dianteira e do bico ficaram ligados em série ao relé de segurança, caso um deles abra, a máquina para imediatamente, pois envia dois sinais para o PLC (ver Figura 10) que comanda o equipamento. Interrompe,



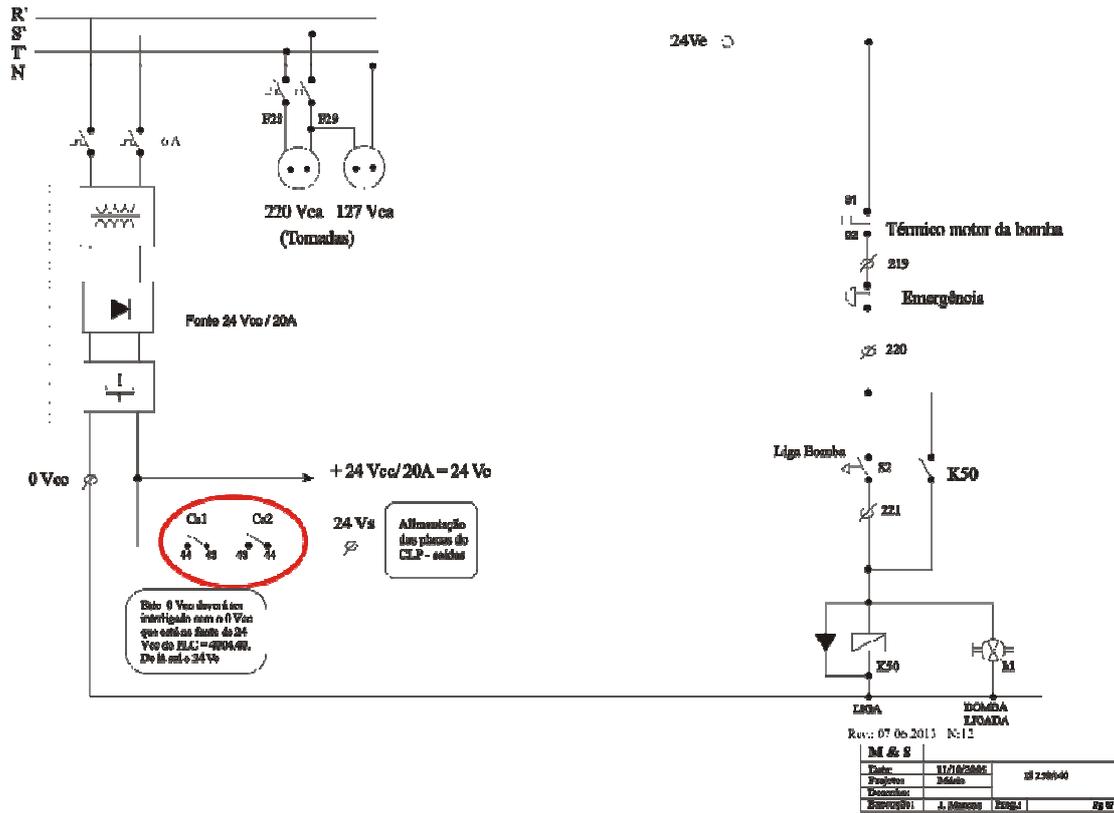


Figura 8 – Alteração no circuito de alimentação das saídas do CLP.  
Fonte- Autoria própria.

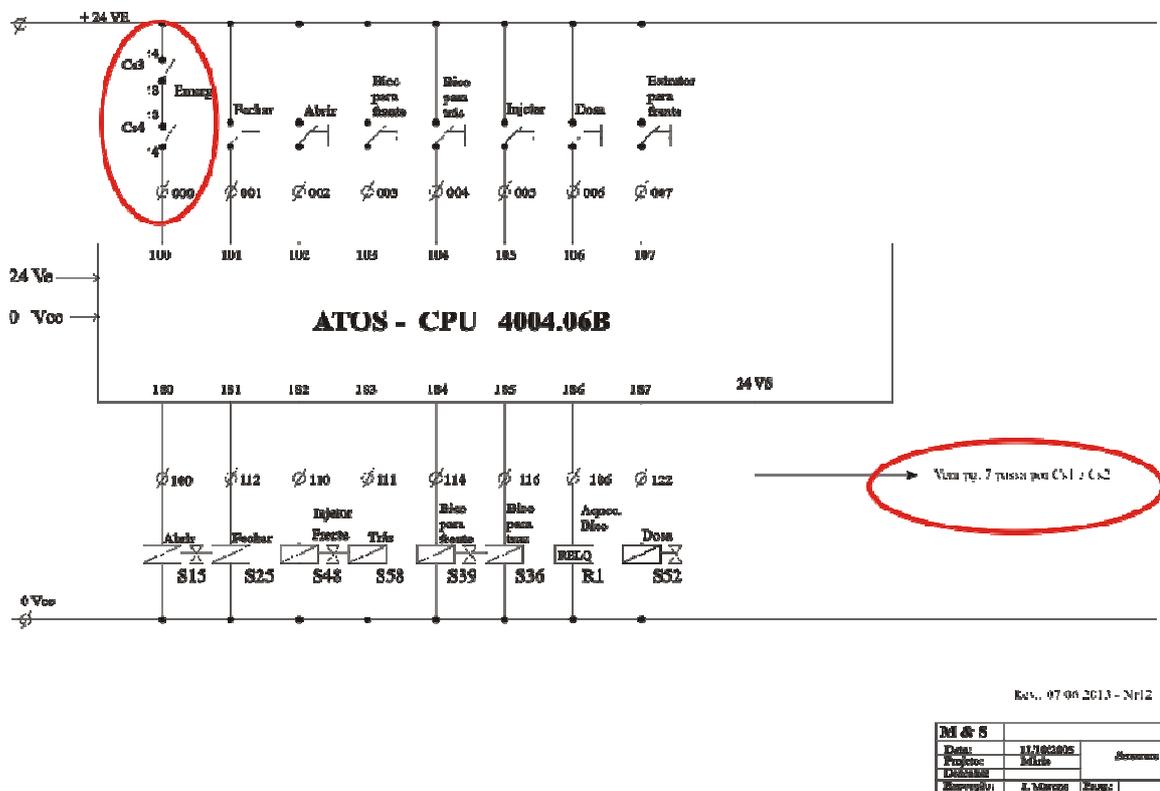


Figura 9 – Esquema das entradas/saídas do CLP, placa CPU.  
Fonte – Autoria própria.

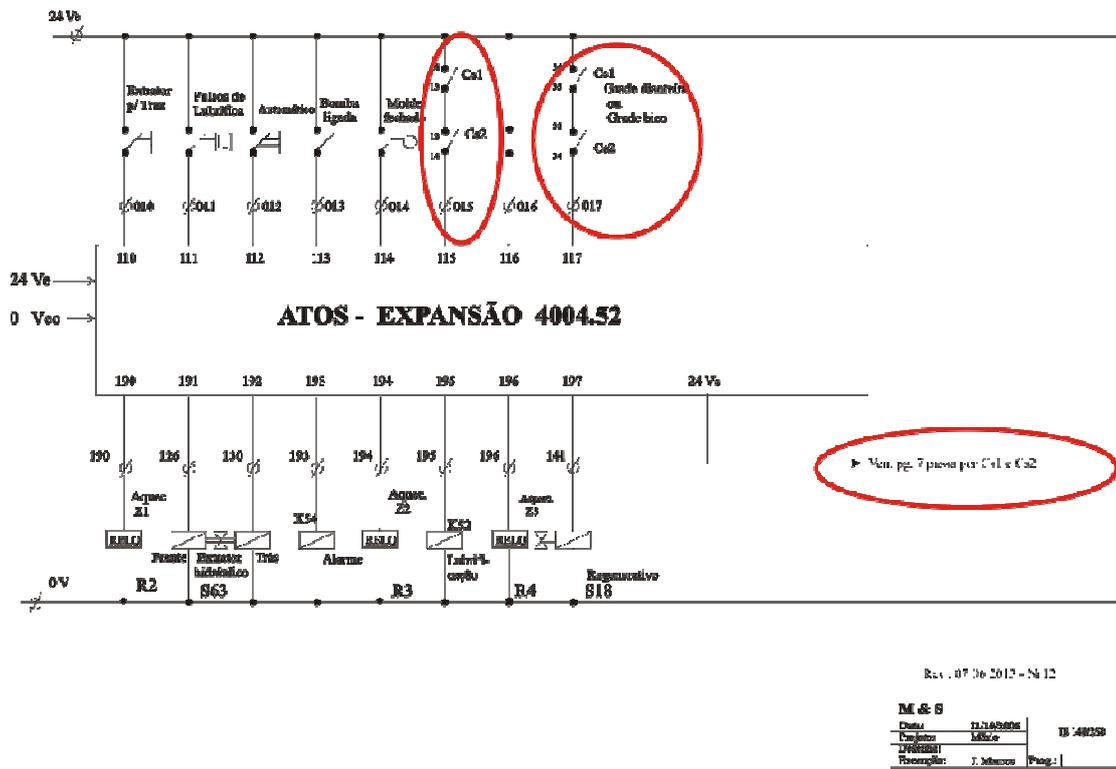


Figura 10 – Esquema das entradas/saídas do CLP, placa de expansão.  
 Fonte – Autoria própria.

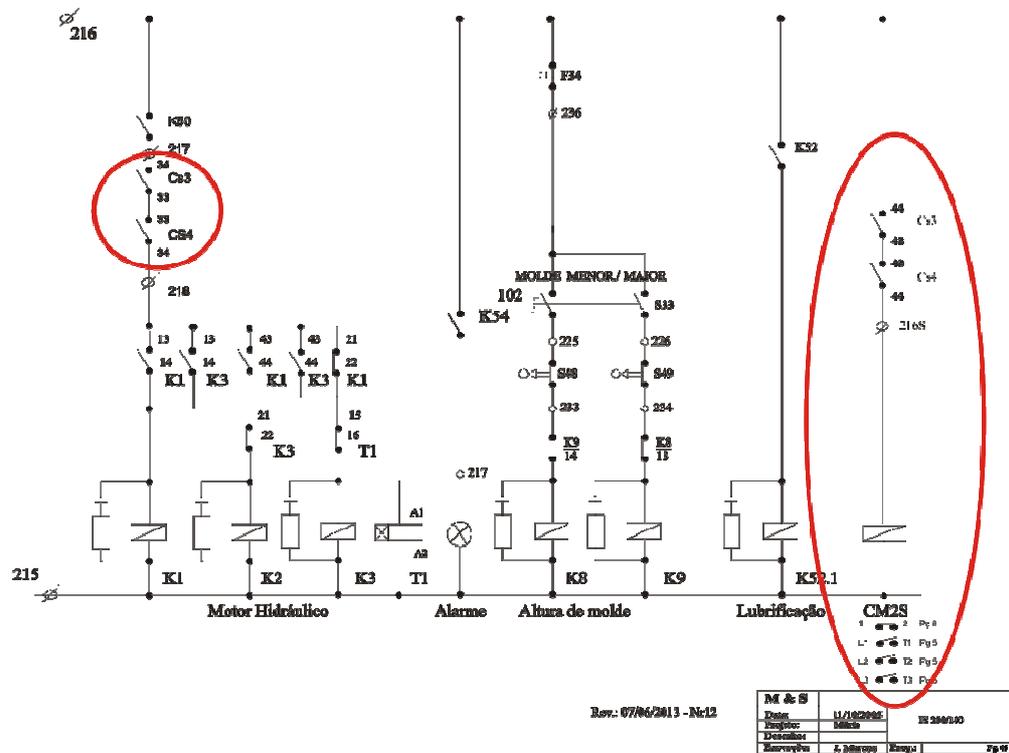


Figura 11 – Seguranças no circuito de alimentação do motor da bomba.  
 Fonte – Autoria própria.

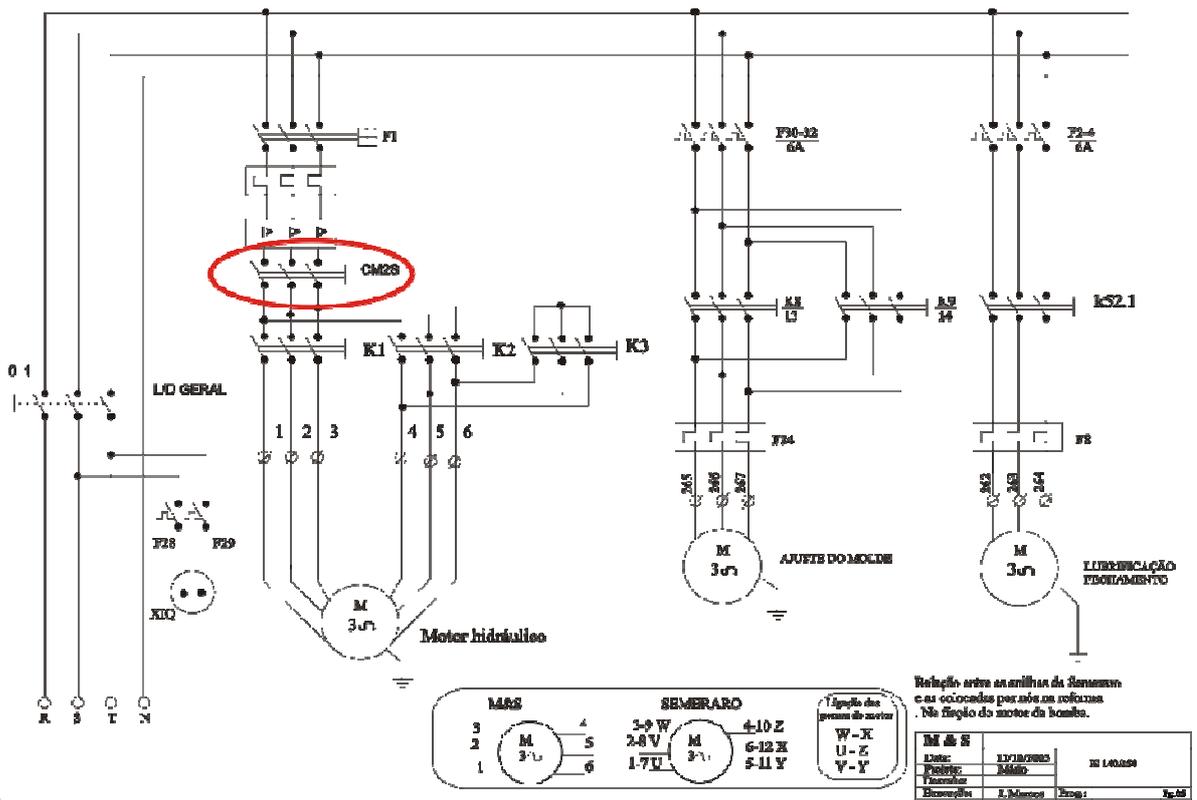


Figura 12 – Inclusão do segundo contator no circuito de força.  
 Fonte – Autoria própria.

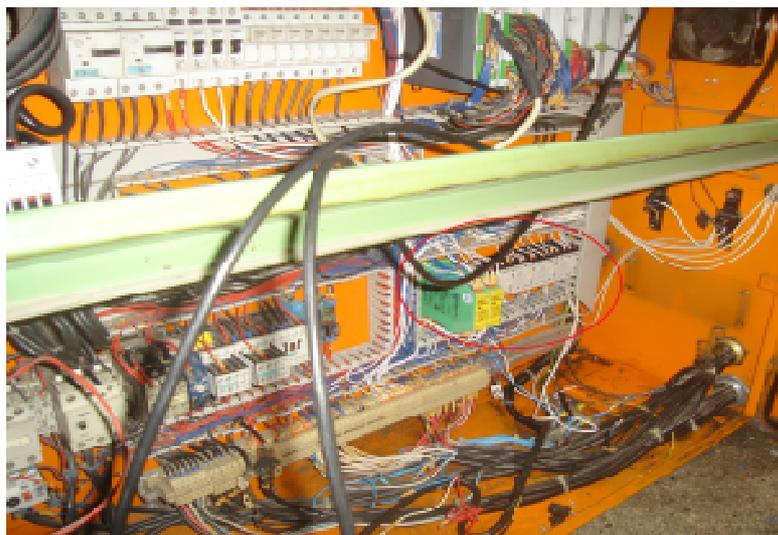
**A****B****C**

Figura 13 – Fotos das alterações  
Fonte – Autoria própria.

## 4 CONCLUSÃO

Fica clara a intensão da NR12 de melhoria nos equipamentos pela correta aplicação de suas disposições, pois um conjunto de componentes é responsável pela parte lógica e funcionamento do equipamento e outro pela parte de segurança.

Para a fiscalização dos equipamentos é necessário que as normas estejam disponíveis para consulta, que são as NRs. Pois tanto as normas técnicas nacionais as NBR, tanto as europeias EN / ISO para serem consultadas devem ser compradas. Tal fato acaba sendo uma dificuldade, esse custo de aquisição acaba dificultando a universalização do uso dessas normas. Outro ponto levantado é o alto custo para serem efetuadas estas atualizações: Neste caso das injetoras, o material elétrico não teve um valor tão significativo em relação ao valor da máquina, a parte mais criteriosa é como intervir nos circuitos existentes para haver uma elevação no grau de segurança para os envolvidos no uso do equipamento. Não esquecendo que o equipamento além da segurança elétrica deverá ter a hidráulica e a mecânica.

Não esquecendo que todos os materiais utilizados nos circuitos de segurança devem ter sua homologação. Como é demonstrada uma certificação no anexo E. Essa homologação é uma garantia da qualidade, mas ao mesmo tempo aumenta o custo de circuitos relativamente simples. Isso devido ao pequeno número de fabricantes homologados.

Seria de muita relevância, também, se as Normas Técnicas fossem apresentadas nas escolas técnicas de uma forma mais efetiva. Dessa forma os alunos saberiam que existe uma enormidade de fonte de pesquisa que detalha muitos processos e formas construtivas.

Nesse trabalho foi mostrado também que para o atendimento às normas, o uso da criatividade e a experiência profissional têm um papel muito importante na redução do custo e na qualidade da solução implementada, durante os processos de adequação das máquinas.

## REFERÊNCIAS

ABB – ABB Schalt und Steuerung techich – GmbH - **Safety Handbook**

[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/ac5aa4e278c6ab83c12571b10034b9d1/\\$file/1sac103201h0201.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/ac5aa4e278c6ab83c12571b10034b9d1/$file/1sac103201h0201.pdf). Acessado em 22/07/2013

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **Catálogo de Normas:**

<http://www.abntcatalogo.com.br/> - acessado em 14/02/2013

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR13536** - Máquinas injetoras para plástico e elastômeros - Requisitos técnicos de segurança para o projeto, construção e utilização, 1995

\_\_\_\_ **NBR14009** – Segurança de Máquinas – Princípios para apreciação de riscos, 1997

Comissão Nacional Tripartite Temática da NR 12 (CNTT NR-12)

[http://portal.mte.gov.br/seg\\_sau/comissao-nacional-tripartite-tematica-da-nr-12-cntt-nr12.htm](http://portal.mte.gov.br/seg_sau/comissao-nacional-tripartite-tematica-da-nr-12-cntt-nr12.htm) Acessado em 18/02/2013

FONSECA, Alberto – 2004 <http://castroingenium.no.sapo.pt/doc/Pilz-1.pdf>

- acessado em 18/02/2013

GIULIANO, Roberto do Valle -

<http://www.fundacentro.gov.br/dominios/CTN/anexos/Roberto%20Giuliano%20-%20MQUINASx.pdf> - acessado em 14/02/2012

Instrutech - Controles de Parada de Emergência 301 CP-W / CP-D

<http://www.instrutech.com.br/download/03%2001%2020%20rev%2008%20Comando%20de%20parada%20de%20emergencia%20CP-W%20e%20CP-D.pdf> . Acessado em 24/07/2013.

KAP – Site fabricante de componentes elétricos:

[http://www.kap.com.br/componentes\\_eletricos/images/kap/thumb/ruptura.php](http://www.kap.com.br/componentes_eletricos/images/kap/thumb/ruptura.php).

Acessado em: 11/04/2013

Maschinensicherheit - <http://www.maschinensicherheit-online.de/cn/bGV2ZWw9dHBsLXZvbGx0ZXh0JmFydGlkPTMwMDA0NTUxJnBhZ2VpZD0x.html> - acessado em 18/02/2013

Manual de segurança em dobradeiras, prensas e similares, 1ed. Ver. Porto Alegre/RS, 2012 - ABIMAQ.

Melo, Maurício Passos de – **NR 12 Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamento.** [www.abapaba.org.br/userfiles/arquivos/apresentacao-NR12.ppt](http://www.abapaba.org.br/userfiles/arquivos/apresentacao-NR12.ppt) - acessado em 27/06/2013

Negri Bossi - **Manuale D'Istrucione** - NB 100 - NB 150 – ordem 811/97 - Brasile

Normas Regulamentadoras - <http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm> - Acessado em 27/06/2013

NR12 – SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS  
[http://www.mte.gov.br/seg\\_sau/nr\\_12\\_texto.pdf](http://www.mte.gov.br/seg_sau/nr_12_texto.pdf) . Acessado em 27/06/2013

Revista Eletricidade Moderna (EM), julho, 2005.

Rockwell Automation - **Aplicações de proteção e esquema elétrico.**  
<http://50.18.122.28/pt/3377539/5866177/3378082/3384396/f33455aadbef6094b18998d9a18dcc2/Seguran&ccedil;a.pdf>. Acessado em 28/07/2013

Siemens - linha: SIRIUS - **Safety Integrated - Relés de segurança 3TK28**  
[http://www.industry.siemens.com.br/automation/br/pt/seguranca-de-maquinas/reles-seguranca/Reles-de-seguranca/Documents/Folheto%203TK28\\_PT.pdf](http://www.industry.siemens.com.br/automation/br/pt/seguranca-de-maquinas/reles-seguranca/Reles-de-seguranca/Documents/Folheto%203TK28_PT.pdf). Acessado em 27/07/2013

Schmersal – Site Fabricante de material elétrico.  
<http://www.schmersal.pt/cms6/opencms/html/pt/service/glossary.html?id=383>.  
Acessado em: 11/04/2013

Schmersal/Ace - **Linha Xtica - Relés de segurança.**  
<http://www.schmersal.com.br/cms15/opencms/media/loader?id=252&type=pdf&download=true>. Acessado em: 28/07/2013

Schneider - **Safe Machinery Handbook**. <http://www.schneider-electric.co.uk/documents/legislation/Machine-Safety-Guide.pdf> . Acessado em 22/07/2013

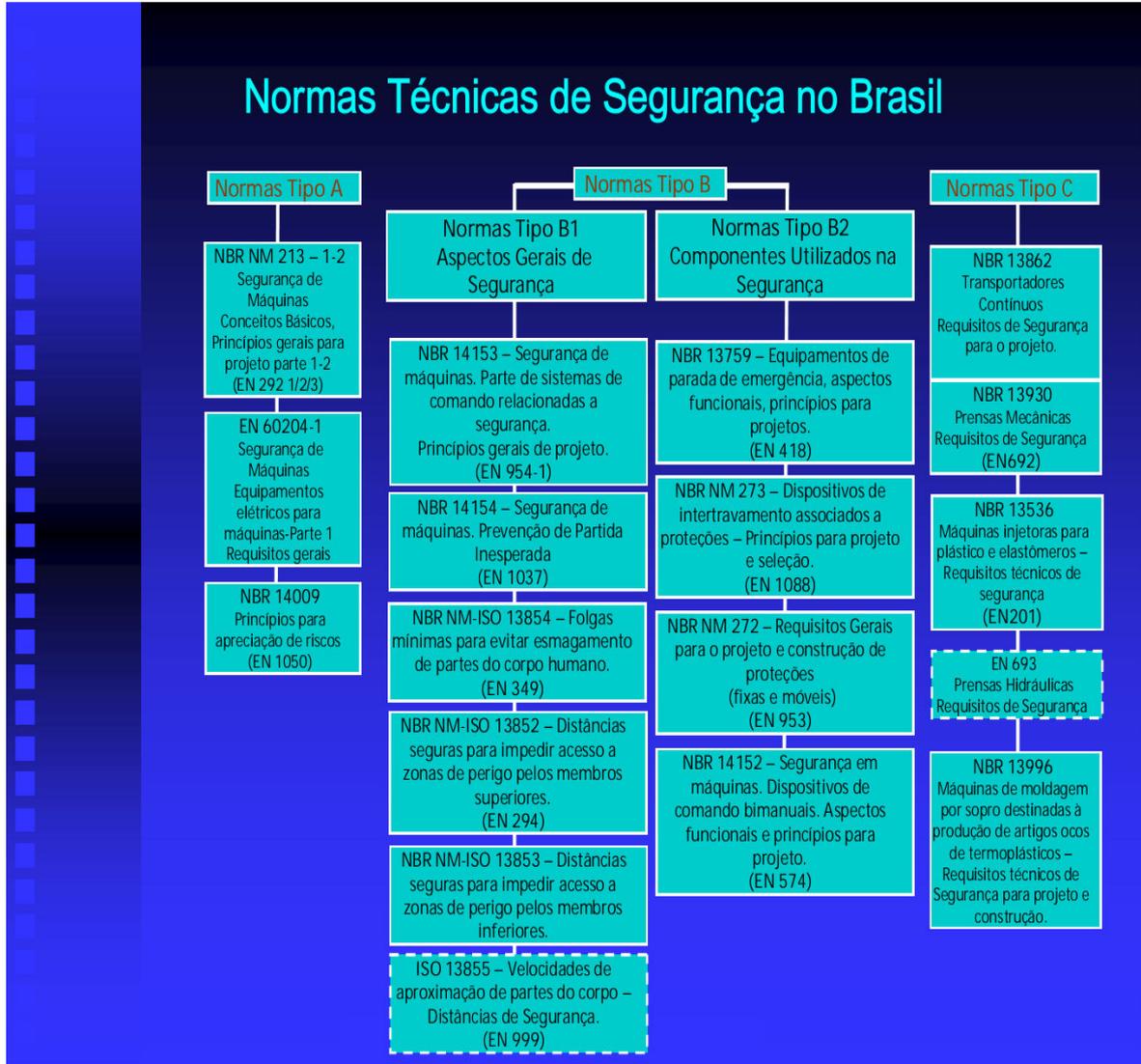
Techstreet Store – Site para compra de normas:

[http://www.techstreet.com/products/1605047?product\\_id=1605047&sid=goog&gclid=COWE-qGAX7gCFVNo7AodmQsAaQ](http://www.techstreet.com/products/1605047?product_id=1605047&sid=goog&gclid=COWE-qGAX7gCFVNo7AodmQsAaQ). Acessado em 02/09/2013

WEG. **Linha safety** <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-solucoes-em-seguranca-50029132-catalogo-portugues-br.pdf> . Acessado em 28/07/2013

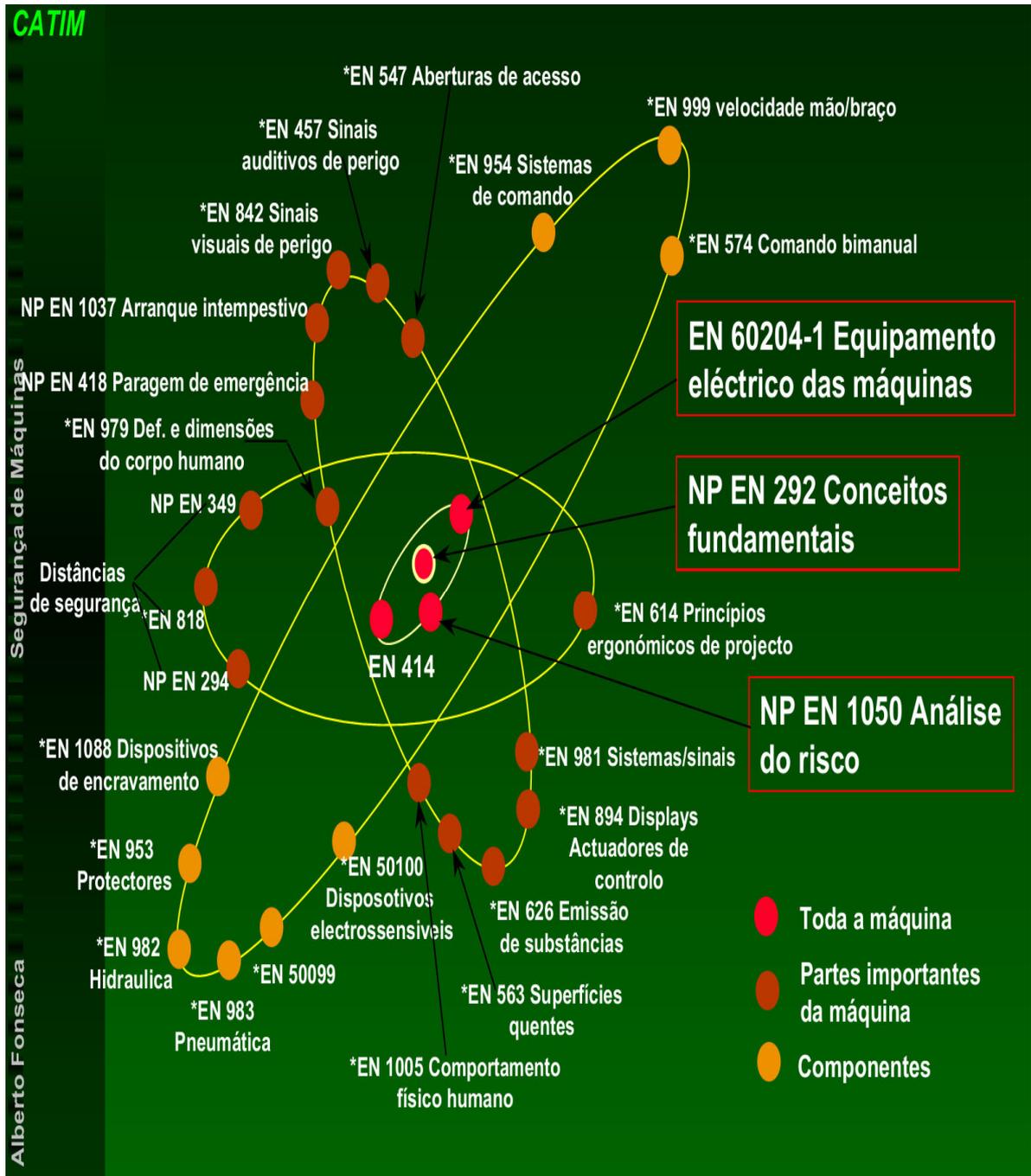
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Comissão de Normalização de Trabalhos Acadêmicos. **Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos**. Curitiba. UTFPR. 2008

ANEXO A – Normas técnica de segurança no Brasil



Fonte: Com adaptação: FUNDACENTRO – (GIULIANO, 2012).

ANEXO B - Normas Europeias de segurança em equipamentos industriais.



Fonte: Com adaptação de: (FONSECA, 2004)

### ANEXO C – Tabela de Grau de proteção:

Trata-se do grau de proteção (IP), apresentado na norma NBR IEC 60529 - “Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (códigos IP)”. \*

<b>Tab. I - Graus de proteção contra a penetração de objetos sólidos estranhos indicados pelo primeiro numeral característico</b>	
Numeral	Descrição sucinta do grau de proteção
0	Não protegido
1	Protegido contra objetos sólidos de Ø 50 mm e maior
2	Protegido contra objetos sólidos de Ø 12 mm e maior
3	Protegido contra objetos sólidos de Ø 2,5 mm e maior
4	Protegido contra objetos sólidos de Ø 1,0 mm e maior
5	Protegido contra poeira
6	Totalmente protegido contra poeira

<b>Tab. II - Graus de proteção contra a penetração de água indicados pelo segundo numeral característico</b>	
Numeral	Descrição sucinta do grau de proteção
0	Não protegido
1	Protegido contra gotas d'água caindo verticalmente
2	Protegido contra queda de gotas d'água caindo verticalmente com invólucro inclinado até 15°
3	Protegido contra aspersão d'água
4	Protegido contra projeção d'água
5	Protegido contra jatos d'água
6	Protegido contra jatos potentes d'água
7	Protegido contra efeitos de imersão temporária em água
8	Protegido contra efeitos de imersão contínua em água

Fonte: Revista Eletricidade Moderna (EM), julho, 2005.

---

\* A versão atual é: ABNT NBR IEC 60529: 2005 Versão corrigida 2: 2011.

## ANEXO D - Exemplo de documento da ABNT:



**ABNT-Associação  
Brasileira de  
Normas Técnicas**

Sede:  
Rio de Janeiro  
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar  
CEP 20003-500 - Caixa Postal 1660  
Rio de Janeiro - RJ  
Tel.: RAB: (021) 2196-3122  
Fax: (021) 219-8049/530-2143  
Endereço Telegráfico:  
NORMATECNICA

Copyright © 1997,  
ABNT-Associação Brasileira  
de Normas Técnicas  
Printed in Brazil  
Impreso no Brasil  
Todos os direitos reservados

NOV 1997

NBR 14009

## Segurança de máquinas - Princípios para apreciação de riscos

Origem: Projeto 04:016.01-020:1997  
CB-04 - Comitê Brasileiro de Máquinas e Equipamentos Mecânicos  
CE-04:016.01 - Comissão de Estudo de Máquinas Injetoras de Plástico  
NBR 14009 - Safety of machinery - Principles for risk assessment  
Descriptors: Safety of machinery, Accident prevention  
Esta Norma foi baseada na prEN 1050:1994  
Válida a partir de 29.12.1997

Palavras-chave: Segurança de máquina, Prevenção de  
acidentes

14 páginas

### Sumário

- Prefácio
- Introdução
- 1 Objetivo
- 2 Referências normativas
- 3 Definições
- 4 Princípios gerais
- 5 Determinação dos limites da máquina
- 6 Identificação dos perigos
- 7 Estimativa dos riscos
- 8 Avaliação do risco
- 9 Documentação
- ANEXOS**
- A** Exemplos de perigos, situações perigosas e eventos perigosos
- B** Métodos para a análise de perigos e estimativa de riscos

### Prefácio

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos CB e ONS, circulam para votação Nacional entre os associados da ABNT e demais interessados.

Esta Norma contém os anexos A e B, de caráter informativo.

Usou-se, como texto de referência para este trabalho, a norma prEN 1050/1994 - Safety of machinery - Principles for risk assessment.

### Introdução

A função desta Norma é descrever princípios para um procedimento sistemático, consistente, para apreciação do risco (ver EN 292-1).

Esta Norma estabelece um guia para decisões, durante o projeto de máquinas (ver EN 292-1) e dá apoio na preparação de requisitos de segurança, consistentes e apropriados, na elaboração de normas do tipo B ou C, com o objetivo de cumprir os requisitos essenciais de segurança (EN 292-2).

Por si só, esta Norma não proporciona o cumprimento dos requisitos essenciais de segurança (ver EN 292-2).

Recomenda-se, que esta Norma seja incorporada nos cursos de treinamento e em manuais, para prover as instruções básicas de métodos de projeto.

### 1 Objetivo

Esta Norma descreve os procedimentos básicos, conhecidos como apreciação de riscos, pelos quais os co-



ANEXO F – Pagina descritiva de sensor Indutivo de segurança:



Sensor Indutivo de Segurança

É um sensor indutivo de segurança que atua sem contatos mecânicos, amplamente utilizado na supervisão de proteções de máquinas. Os sensores devem ser instalados nos equipamentos de forma que, quando instalados corretamente, atuem na abertura da proteção de forma rápida e segura. Por segurança, os sensores indutivos trabalham somente em conjunto com o atuador, não podendo ser acionados por outro objeto ou sensor.

Principais Características

- Compatível com sistemas de categoria 4 conforme a EN954-1
- Saídas NA em duplo canal
- Atuação sem contato físico
- Grau de proteção IP67
- Pode ser utilizado em proteções fixas ou móveis
- Alta confiabilidade
- Pode ser utilizado com os relés de segurança Instrutech (CP-W, CP-D, CS-W, CS-D)



Produto beneficiado pela Lei de Informática, LPJ REDUZIDO

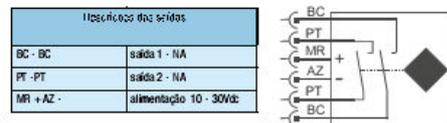
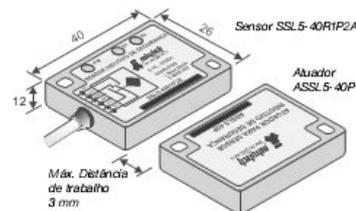
Especificação

Tensão de alimentação	Saída		Tipo de conexão	Descrição	Referência
10-30 Vcc	Duplo Canal	2NA	Cabo 2 m	Sensor	SSL5-40R1P2A
				Atuador	ASSL5-40P

Especificações Técnicas

Código do sensor	SSL5-40R1P2A
Código do atuador	ASSL5-40P
Alimentação do sensor	10-30 Vcc
Capacidade dos contatos	50V / 80 mA
Distância máxima de trabalho	3mm
Temperatura de trabalho	-10°C - +55°C
Grau de proteção	IP67
material do invólucro	ABS
Fixação	por parafusos
Dimensões	40 x 26 x 12mm
Sinalização	PW - Sensor energizado S1 - saída 1 acionada S2 - saída 2 acionada

Dimensões (mm)



## ANEXO G - Preview IEC 60204-1

Observar a que normas ela toma como referência, páginas 12, 13 e 14 da Norma.



IEC 60204-1

Edition 5.1 2009-02

**INTERNATIONAL  
STANDARD****NORME  
INTERNATIONALE**

**Safety of machinery – Electrical equipment of machines –  
Part 1: General requirements**

**Sécurité des machines – Equipement électrique des machines –  
Partie 1: Règles générales**



INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE **CQ**  
CODE PRIX

ICS 29.020

ISBN 2-8318-1024-3

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission  
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

- are sewing machines, units, and systems (which are covered by IEC 60204-31);
- are hoisting machines (which are covered by IEC 60204-32).

Power circuits where electrical energy is directly used as a working tool are excluded from this part of IEC 60204.

## 2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this part of IEC 60204. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60034-1, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

IEC 60034-5, *Rotating electrical machines – Part 5: Degrees of protection provided by the integral design of rotating electrical machines (IP code) – Classification*

IEC 60034-11, *Rotating electrical machines – Part 11: Thermal protection*

IEC 60072-1, *Dimensions and output series for rotating electrical machines – Part 1: Frame numbers 56 to 400 and flange numbers 55 to 1 080*

IEC 60072-2, *Dimensions and output series for rotating electrical machines – Part 2: Frame numbers 355 to 1 000 and flange numbers 1 180 to 2 360*

IEC 60073:2002, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Coding principles for indicators and actuators*

IEC 60309-1:1999, *Plugs, socket-outlets, and couplers for industrial purposes – Part 1: General requirements*

IEC 60364-4-41:2005, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-4-43:2001, *Electrical installations of buildings – Part 4-43: Protection for safety – Protection against overcurrent*

IEC 60364-5-52:2001, *Electrical installations of buildings – Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems*

IEC 60364-5-53:2002, *Electrical installations of buildings – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control*

IEC 60364-5-54:2002, *Electrical installations of buildings – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors*

IEC 60364-6-61:2001, *Electrical installations of buildings – Part 6-61: Verification – Initial verification*

IEC 60417-DB:2002<sup>2</sup>, *Graphical symbols for use on equipment*

<sup>2</sup> "DB" refers to the IEC on-line database.

IEC 60439-1:1999, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: Type-tested and partially type-tested assemblies*

IEC 60445:1999, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of equipment terminals and of terminations of certain designated conductors, including general rules for an alphanumeric system*

IEC 60446:1999, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of conductors by colours or numerals*

IEC 60447:2004, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Man-machine interface (MMI) – Actuating principles*

IEC 60529:1999, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code) Amendment 1 (2001)*

IEC 60617-DB:2001<sup>3</sup>, *Graphical symbols for diagrams*

IEC 60621-3:1979, *Electrical installations for outdoor sites under heavy conditions (including open-cast mines and quarries) – Part 3: General requirements for equipment and ancillaries*

IEC 60664-1:1992, *Insulation co-ordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60947-1:2004, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 60947-2:2003, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 2: Circuit-breakers*

IEC 60947-3:1999, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 3: Switches, disconnectors, switch-disconnectors, and fuse combination units*

IEC 60947-5-1:2003, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 5-1: Control circuit devices and switching elements – Electromechanical control circuit devices*

IEC 60947-7-1:2002, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 7-1: Ancillary equipment – Terminal blocks for copper conductors*

IEC 61082-1:1991, *Preparation of documents used in electrotechnology – Part 1: General requirements*

IEC 61082-2:1993, *Preparation of documents used in electrotechnology – Part 2: Function-oriented diagrams*

IEC 61082-3:1993, *Preparation of documents used in electrotechnology – Part 3: Connection diagrams, tables and lists*

IEC 61082-4:1996, *Preparation of documents used in electrotechnology – Part 4: Location and installation documents*

IEC 61140:2001, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

IEC 61310 (all parts), *Safety of machinery – Indication, marking and actuation*

IEC 61346 (all parts), *Industrial systems, installations and equipment and industrial products – Structuring principles and reference designations*

<sup>3</sup> "DB" refers to the IEC on-line database.

IEC 61557-3:1997, *Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1000 V a.c. and 1500 V d.c. – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures – Part 3: Loop impedance*

IEC 61558-1:1997, *Safety of power transformers, power supply units and similar – Part 1: General requirements and tests*  
Amendment 1 (1998)

IEC 61558-2-6, *Safety of power transformers, power supply units and similar – Part 2-6: Particular requirements for safety isolating transformers for general use*

IEC 61984:2001, *Connectors – Safety requirements and tests*

IEC 62023:2000, *Structuring of technical information and documentation*

IEC 62027:2000, *Preparation of parts lists*

IEC 62061:2005, *Safety of machinery – Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems*

IEC 62079:2001, *Preparation of instructions – Structuring, content and presentation*

ISO 7000:2004, *Graphical symbols for use on equipment – Index and synopsis*

ISO 12100-1:2003, *Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Part 1: Basic terminology, methodology*

ISO 12100-2:2003, *Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Part 2: Technical principles*

ISO 13849-1:2006, *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design*

ISO 13849-2:2003, *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part 2: Validation*

ISO 13850:2006, *Safety of machinery – Emergency stop – Principles for design*