Estudo de Caso de Adequação de Máquina Injetora à Norma NR-12

André Henrique Oliveira da Silva; Renato Gomes da Costa; Vinicius Gomez da Silva
Orientador: Me Ismael Mendonça Resende

Resumo: Os processos de produção vêm se modificando e as máquinas e equipamentos também. Antigamente, era necessário que os operadores manuseassem as máquinas constantemente, não utilizavam equipamentos de proteção e os sistemas de segurança e de parada das máquinas não eram muito confiáveis, resultando em um alto índice de acidentes que envolviam desde mutilações, até óbito do operador. Por conta disso, foram elaboradas normas e leis visando padronizar medidas de segurança em máquinas e equipamentos, além de outros trabalhos que oferecem riscos para o trabalhador, buscando garantir sua integridade física e segurança. Atualmente, o uso de EPIs (equipamentos de proteção individual) é obrigatório e as máquinas possuem mais tecnologia, são automatizadas, não precisando de um operador que as manuseie diretamente, porém, ele deve supervisionar o processo de produção, sendo necessário um treinamento específico. Com a implementação desses recursos, a taxa de acidentes reduziu drasticamente, reduzindo afastamentos, multas e processos trabalhistas e interdições, interferindo diretamente no lucro da empresa. Porém até os dias atuais, muitas máquinas não seguem as normas, precisando passar pelo processo de adequação à norma.Neste trabalho será abordada a norma regulamentadora 12 (NR-12), que apresenta requisitos de segurança exigidos em relação às máquinas e equipamentos, para que o operador possa exercer seu trabalho de forma segura. Em específico, a máquina injetora de plástico Tayu e seu processo de adequação. Através de uma breve descrição do funcionamento da injetora antes da adequação, as etapas da adequação, e seu funcionamento após a adequação.

Palavras-chave: Segurança do trabalho, NR-12, máquinas injetoras, acidente de trabalho, adequação de máquinas.

Case Study on the Adequacy of an Injection Molding Machine to the NR-12 Standard

Abstract: Manufacturing processes have been changing and so have machines and equipment. In the past, it was necessary for the operators to handle the machines constantly, they did not use protective equipment and the safety and machine stop systems were not very reliable, resulting in a high rate of accidents that involved from mutilations to operator death. Because of this, norms and laws were developed to standardize safety measures in machinery and equipment, as well as other jobs that offer risks to the worker, seeking to ensure their physical integrity and safety. Currently, the use of PPE (personal protective equipment) is mandatory and the machines have more technology, are automated, not needing an operator who handles them directly, but he must supervise the production process, requiring specific training. With the implementation of these resources, the accident rate has reduced drastically, reducing sick leave, fines, labor processes, and interdictions, interfering directly in the company's profits. However, until today, many machines do not follow the norms, needing to go through the process of adapting to the norm. This paper will address the regulatory standard 12 (NR-12), which presents safety requirements for machinery and equipment, so that the operator can perform his work safely. Specifically, the plastic injection molding machine Tayu and its adequacy process. Through a brief description of the operation of the injector before the adequacy, the stages of adequacy, and its operation after adequacy.

Keywords: Work safety, NR-12, injection molding machines, work accidents, machine adequacy.

1. Introdução

Ao longo dos anos, a indústria foi se atualizando, modificando e se adaptando às demandas do mercado. Inicialmente o processo de produção era mais artesanal, demorado e caro, com o tempo, foram introduzindo mais pessoas nas linhas de produção, consequentemente aumentando a produtividade e os lucros e reduzindo os custos. Atualmente, muitos desses processos são automatizados, ou seja, ainda é necessário que alguém supervisione, no entanto, nem sempre há uma pessoa para realizar o trabalho *per se*. (CAVALCANTE; SILVA, 2011).

Assim como os processos de produção foram sendo aperfeiçoados, também foi-se percebendo e analisando diversos acidentes de trabalho recorrentes, demonstrando a necessidade de proteger os trabalhadores. Para que todas as indústrias adotassem os mesmos procedimentos, de forma normatizada e obrigatória. Assim sendo, em 1978, foi aprovada a primeira versão da NR-12, uma norma regulamentadora emitida pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE, atualmente Secretaria Especial de Previdência e Trabalho) que estabelece requisitos mínimos para a segurança no trabalho em máquinas e equipamentos, tendo como objetivo garantir a integridade física e a saúde dos trabalhadores que as operam.

As máquinas injetoras, utilizadas nos processos industriais de moldagem por injeção, embora sejam, em sua maioria, automatizadas, necessitam de um trabalhador que supervisione o processo de produção e fique atento a possíveis falhas na máquina. Nesse caso, a NR-12, especificamente o ANEXO IX, estabelece uma série de requisitos relacionados à segurança e proteção, através da instalação de dispositivos de segurança, sistemas de parada de emergência e proteções mecânicas. Além disso, é necessário que as injetoras passem por inspeções periódicas para garantir que estejam em conformidade com a norma.

1.1 Justificativa

A utilização de injetoras em processos de moldagem por injeção é uma prática comum nas indústrias, mas pode representar riscos de acidentes de trabalho para os operadores dessas máquinas. A norma regulamentadora NR-12 estabelece requisitos mínimos para a segurança no trabalho em máquinas e equipamentos, incluindo as injetoras, mas muitas empresas ainda enfrentam dificuldades para cumprir essas normas de forma eficiente.

Diante desse cenário, torna-se fundamental realizar um estudo aprofundado sobre a relação entre as injetoras e a NR-12, destacando seus principais requisitos e como eles se aplicam a essas máquinas. Isso permitirá que empresas que utilizam injetoras possam garantir a conformidade com a norma regulamentadora e, consequentemente, a segurança dos trabalhadores que as operam.

Além disso, este estudo visa contribuir para a conscientização de trabalhadores e empregadores sobre a importância da segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Este tipo de estudo pode ajudar a prevenir acidentes de trabalho, reduzir custos com indenizações e melhorar a imagem das empresas no mercado.

Por fim, a realização deste estudo busca contribuir para o avanço do conhecimento na área de segurança do trabalho, bem como para a formação de profissionais mais qualificados e conscientes das questões relacionadas à segurança no ambiente de trabalho.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Aplicação de NR-12 e adequação em máquinas injetoras

1.2.2 Objetivos Específicos

Verificar dificuldades na implementação, necessidade de readequação, e analisar performance e riscos, exemplificando a utilização da norma em um estudo de caso de uma máquina injetora de plástico do fabricante Tayu.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Norma Regulamentadora nº12

Em 1978, a partir da Lei nº 6.514, que instituiu as normas regulamentadoras no Brasil, o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), elaborou 38 normas regulamentadoras voltadas para a segurança do trabalhador, cada uma voltada a uma área específica. Cada ambiente de trabalho, especialmente as indústrias, exigem a aplicação de diversas normas regulamentadoras simultaneamente, tendo como finalidade garantir a segurança, integridade física e saúde dos trabalhadores. Ao longo dos anos que se passaram, as normas foram revistas, atualizadas, algumas foram extintas e novas foram criadas.

A NR-12, norma a ser abordada neste trabalho, é voltada a máquinas e equipamentos, desde a sua elaboração, em 1978, passou por vinte e uma atualizações, a última em 2022, visando sempre suprir as demandas que foram surgindo, acompanhando a evolução das indústrias, a necessidade de aumento da produtividade e o avanço das tecnologias, dentre eles a automação e, também, buscando reduzir o risco de acidentes de trabalho.

As máquinas e equipamentos abrangidos pela NR-12 são aqueles utilizados em estabelecimentos industriais, comerciais, agrícolas e de serviços, desde a fase de projeto até a desativação dos equipamentos, passando pela fabricação, importação, comercialização, instalação, uso e manutenção. Além das injetoras, alguns exemplos de máquinas e equipamentos que podem ser citados são: prensas, guilhotinas, tornos mecânicos, serras circulares, caldeiras e injetoras.

Os requisitos técnicos estabelecidos pela NR-12 visam, como as demais normas regulamentadoras, garantir a segurança dos trabalhadores e sua integridade física, prevenindo riscos mecânicos, elétricos e ergonômicos, adequando as áreas de trabalho, utilizando dispositivos de segurança (RUFINO, 2018 e 2022), sinalização, dentre outros, e são aplicáveis em todas as fases do ciclo de vida das máquinas e equipamentos, desde a concepção até a desativação. Para a redução dos riscos de acidentes de trabalho, a norma exige a implementação de medidas de proteção coletiva, tais como instalação de barreiras físicas, sensores de segurança, dispositivos de parada de emergência, entre outros. Outra exigência da norma é quanto ao trabalhador também estar ciente e cumprir com os requisitos e orientações, participando de treinamentos, informando possíveis alterações ou falhas e auxiliando na implementação da norma em seu ambiente de trabalho.

A NR-12 é uma norma técnica complexa e sua aplicação requer conhecimentos específicos. Por isso, é fundamental que os profissionais envolvidos com a segurança em máquinas e equipamentos possuam um conhecimento aprofundado sobre a norma e seus requisitos.

Dentre os pontos da norma que são utilizados como base para o cumprimento da NR-12, destacam-se as normas ABNT NBR 14153:2022, que trata das Funções de Segurança, a ABNT NBR IEC 60204-1:2020, que define três categorias de parada, e a ABNT NBR ISO 13849-1:2019, que aborda a Segurança de Máquinas - Partes de Sistemas de Comando Relacionados à Segurança. Essas normas definem funções de segurança importantes, tais como parada de emergência, prevenção de partida inesperada e *reset* manual, que visam garantir a segurança dos trabalhadores que operam as máquinas e equipamentos abrangidos pela NR-12.

2.1.2. Categorias

Categoria é a classificação das partes de um sistema de comando relacionadas à segurança, considerando sua resistência a falhas e comportamento em caso de defeito, alcançada por meio da confiabilidade dos arranjos estruturais das partes ou por sua confiabilidade (ABNT NBR 14153:2022).

Cinco categorias (B, 1, 2, 3 e 4) são determinadas pelo desempenho em relação às falhas das partes de sistemas de comando relacionadas à segurança de uma máquina e selecionadas com base na avaliação de riscos ou requisitos constantes em normas técnicas do tipo C que, de acordo com a Nota técnica nº179/2016/CGNOR/DSST/SIT/MTPS, são as exigência na segurança de determinada máquina ou conjunto de máquinas.

A categoria se refere a cada sistema de segurança da máquina e sempre que um deles envolve partes de sistemas de comando, a avaliação de riscos deve indicar claramente a categoria desse sistema, excluindo proteções fixas e sistemas puramente mecânicos. Nas figuras 01 a 03 estão as principais características de cada categoria.

Na **Categoria B**, os dispositivos elétricos escolhidos devem atender às especificações básicas do sistema onde serão instalados, como, por exemplo: as condições ambientais, ligações conforme recomendações do fabricante e a compatibilidade com a tensão e corrente de trabalho. Dispositivos de segurança não precisam ser monitorados, nem ter redundância. A única exigência desta categoria é de que todos os componentes elétricos utilizados devem ser montados e projetados conforme as normas técnicas existentes. E é determinado que o projeto considere a resistência das proteções a situações como fadiga operacional, influência externa e do material processado. Todas as outras categorias precisam atender às exigências da categoria B.

A **Categoria 1** é facilmente confundida com a B, uma vez que ambas têm o objetivo de prevenir e não identificam falhas, não oferecem muita segurança. A principal diferença entre elas é que a categoria 1 evita mais defeitos, incluindo critérios mais rígidos e exigindo uma função de segurança, como um botão de emergência, uma cortina de luz, ou um comando bimanual.

Figura 01 – Categorias B e 1

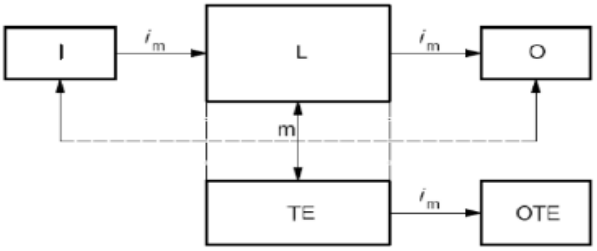
Fonte: ABNT NBR ISO 13849-1:2019

Como observado na figura 01 acima, a estrutura de segurança para categoria B e 1, é formada por um sistema monocanal, no qual há uma entrada (sensores,botoeiras), uma lógica (relé de segurança, controladores) e uma saída. São a mesma estrutura mas a categoria 1 inclui mais dispositivo de segurança, resultando em mais proteção.

Da **Categoria 2** em diante, identificam as falhas dos dispositivos de segurança e garantem um bom funcionamento do sistema. No entanto, essa somente identifica as falhas, sendo necessário um elemento de monitoramento, como relé de segurança ou controlador lógico programável (CLP), um dispositivo eletrônico com hardware e software utilizado para controle de máquinas e processos, responsáveis por monitorar uma função de segurança e, ao ocorrer uma falha, iniciam uma resposta confiável, como identificar uma parada de emergência, porta de proteção ou cortina de luz, possibilitando a redução do risco até um nível aceitável. O relé de segurança é mais utilizado em sistemas com poucas funções de monitoramento, é de fácil instalação e parametrização. Já o CLP de segurança precisa ser programado e é indicado para sistemas com muitas funções de monitoramento. Esta categoria não possui redundância dos componentes de segurança.

Na Figura 02, é possível identificar um sistema monocanal com verificação em caso de falha. Podemos identificar em I os dispositivos de entrada, em L está localizada a lógica interligada a um monitoramento, TE - (equipamento de teste) que indicará caso algo esteja inoperante sinalizando pelo OTE - (saída de equipamento de teste). Isso não impedirá que a máquina funcione, precisando ser detectado e solucionado.

Figura 02 – Categoria 2

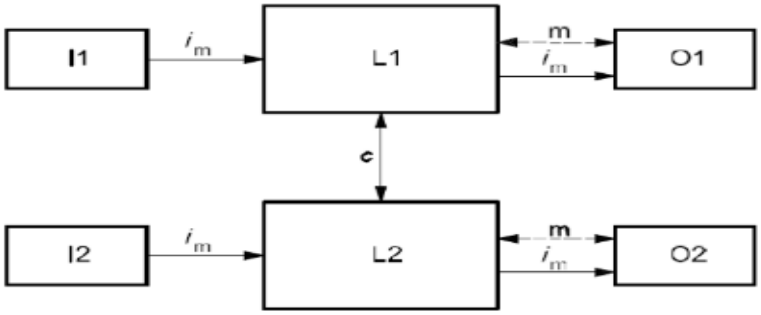


Fonte: ABNT NBR ISO 13849-1:2019

Na **Categoria 3**, é considerado que um defeito isolado não pode comprometer a segurança de uma máquina, exigindo a redundância dos componentes de segurança. O monitoramento de todos eles, no entanto, não é obrigatório. Quando ocorre uma falha, essa precisa ser identificada e reparada antes que a botoeira seja acionada novamente, uma vez que o sistema permite acúmulo de defeitos, ou seja, a máquina continua funcionando mesmo em caso de defeito em um dos componentes de acionamento.

A **Categoria 4** é considerada a mais segura, pois todos os dispositivos relacionados à segurança possuem circuitos ou estruturas monitoradas, contando, também, com diversas redundâncias. O sistema é capaz de acusar antecipadamente uma falha isolada, não permitindo o acúmulo de defeitos, ou seja, a máquina pára de funcionar em caso de defeito.

Figura 03 – Categorias 3 E 4



Fonte: ABNT NBR ISO 13849-1:2019

Na figura 3, está representando um sistema com redundância e monitoramento cruzado, que atribui as duas últimas categorias, sendo que na categoria 4 todas as falhas devem ser detectadas.

Legendas dos diagramas de blocos:

IM: meios de interconexão
M: monitoramento
C: monitoramento cruzado
I: dispositivo de entrada (sensores, botoeiras...).
L: lógica (relé de segurança, controladores lógicos programáveis...).
O: dispositivo de saída (contator, inversor de frequência ou drive).
Linhas pontilhadas do monitoramento: detecção de falha razoavelmente praticável.
Linhas sólidas do monitoramento: cobertura de diagnóstico maior do que na categoria 3.
TE: equipamento de teste
OTE: saída do equipamento de teste

2.2 MÁQUINA INJETORA

De acordo com o Museu do Plástico (2018), uma das primeiras máquinas injetoras possuía um cilindro de aquecimento com câmeras aquecidas a vapor, um bico para descarregar nitrato de celulose, material extremamente instável, de um êmbolo que pressionava o material fundido com o molde fechado em uma prensa hidráulica vertical acoplada ao lado da máquina. Tanto a máquina, quanto o nitrato de celulose foram criados por volta de 1878, por John Wesley Hyatt, tipógrafo de Starkey, na época.

Desde então, a máquina foi sendo aperfeiçoada e diversificada, buscando acompanhar a evolução e o desenvolvimentos das máquinas, visando maior produtividade, uniformidade no produto final e redução de custos e de energia.

No presente trabalho, será utilizada como exemplo uma máquina injetora horizontal do fabricante TAYU antes e após a adequação, ilustrado através de diagramas.

Informações técnicas:

Máquina injetora de plástico horizontal Tayu

Ano de fabricação: 1998

Origem: China

Tensão: 380V

Figura 04 – Máquina Injetora

Fonte: Google Imagens

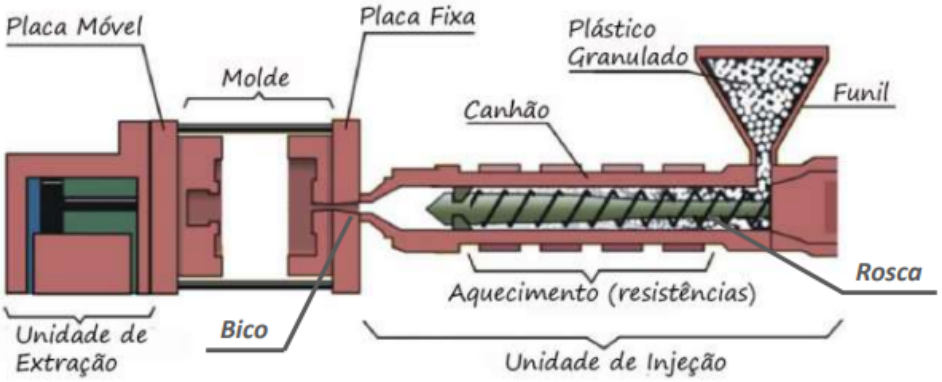
2.2.1. Funcionamento

Desde a sua criação, a máquina injetora passou por algumas transformações e modificações, mantendo sua funcionalidade, injetando polímeros fluidos homogeneizados em um cilindro aquecido em um molde, de forma descontínua, sendo utilizada na fabricação de produtos.

Segundo Saraiva (2016), há cinco unidades básicas na máquina injetora, são elas: a de injeção que aquece, plastifica, homogeniza e transporta o material polimérico até o bico de injeção; a de potência é responsável pelo fornecimento de energia mecânica através de motor elétrico, rotacionando o aparelho ou como fluido hidráulico sob alta pressão; a de fechamento movimenta, fixa e trava o molde; a de controle é onde se localizam os componentes que lêem e controlam, por meio de sensores e atuadores, os parâmetros de processo; e o molde, onde será definido o formato do produto fabricado.

A figura 05 abaixo ilustra as partes de uma máquina injetora.

Figura 05 - Esquema básico de funcionamento de uma injetora de plástico

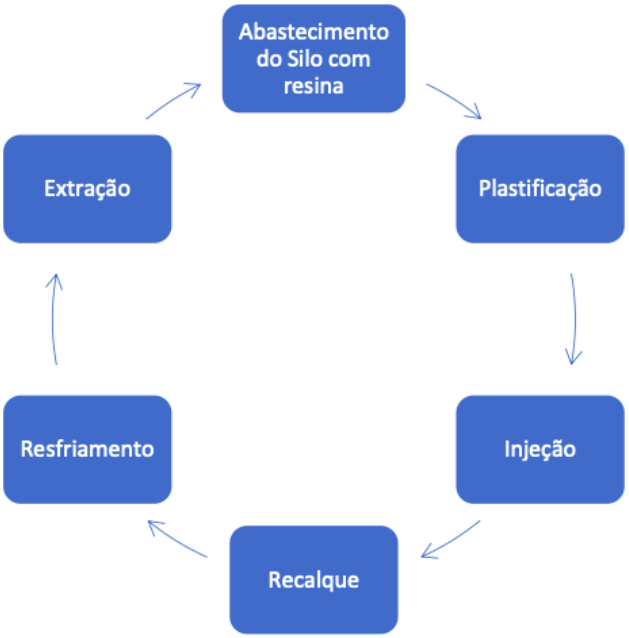


Fonte: Lumatech: 2014

Dentro do canhão ocorre a mistura do plástico com corantes, tornando-se uma pasta mais líquida e homogênea, empurrada para dentro do molde devido à sua pressão interna e ao auxílio da rosca.

O processo, ilustrado pela figura 06, acontece na seguinte ordem: o molde fecha, ocorre a injeção da mistura, recalque, resfriamento, abertura do molde e extração da peça, cada ciclo dura aproximadamente 20 segundos.

Figura 06 - Etapas no ciclo de injeção



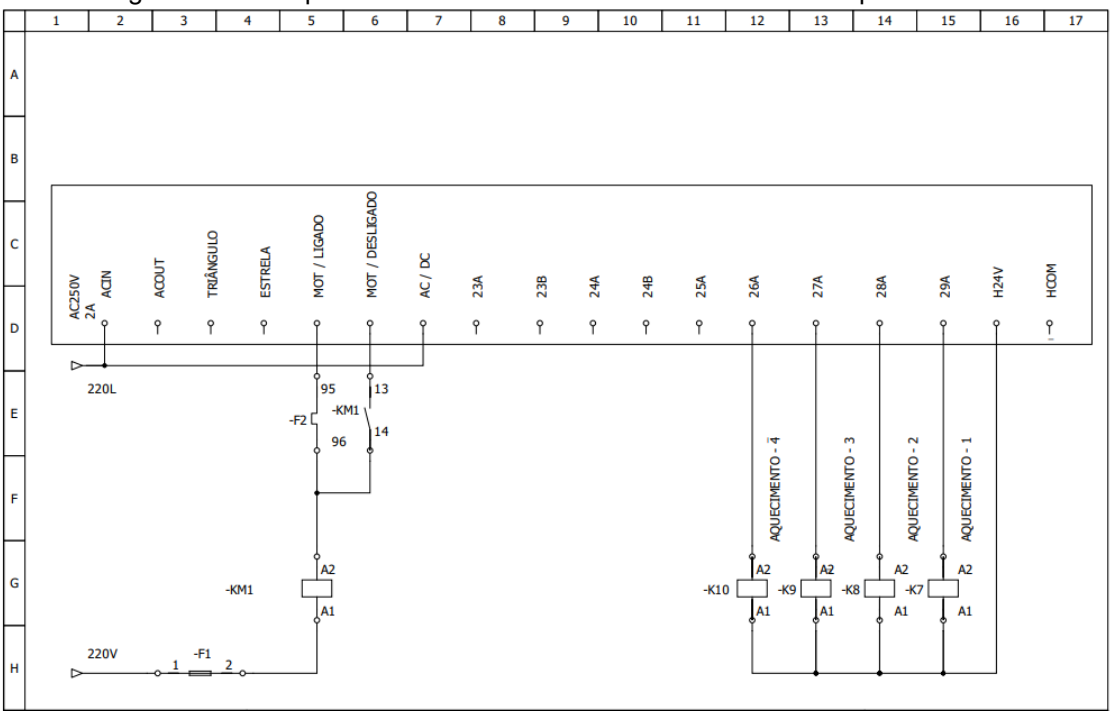
Fonte: Costa, 2021

2.2.1.1. Motor

2.2.1.1.1 Ligação do motor

O Diagrama 01 apresenta o esquema de acionamento de um motor utilizando partida direta, onde o controlador lógico programável (CLP) envia um sinal de 0 volts para o início da operação. É importante destacar que, caso ocorra contato do cabo que sai da saída "motor ligado" do CLP com a carcaça do equipamento, o contator KM1 poderá ser energizado, resultando na perda da função de parada de emergência. Esse cenário pode levar a uma partida inesperada do motor, o que representa um risco significativo para a segurança dos operadores e do equipamento. Portanto, é fundamental implementar medidas de proteção adequadas para prevenir essa situação e garantir um ambiente de trabalho seguro.

Diagrama 01 - Esquema de acionamento de um motor utilizando partida direta

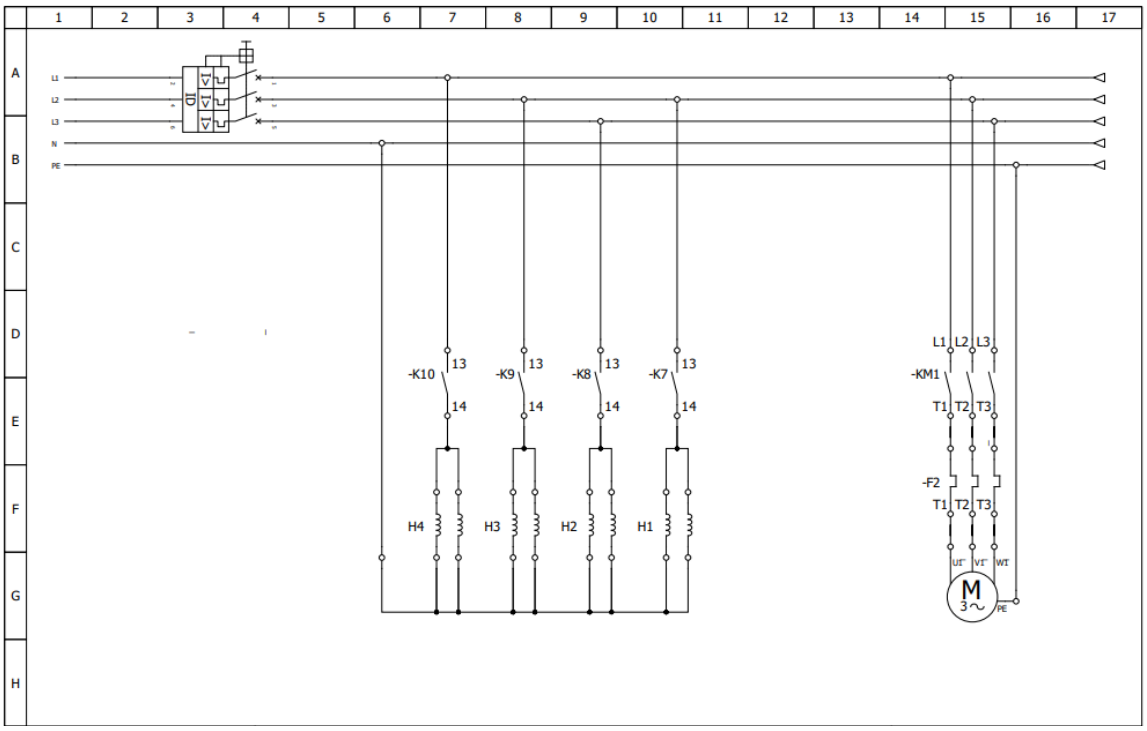


Fonte: Dos Autores

2.2.1.1.2. Alimentação do motor

O Diagrama 02 abaixo apresenta a alimentação do motor antes do contator ser adicionado para redundância no circuito para proteção:

Diagrama 02 - Esquema de alimentação do motor antes do contator ser adicionado para redundância no circuito para proteção



Fonte: Dos Autores

2.2.1.2. Porta traseira do molde

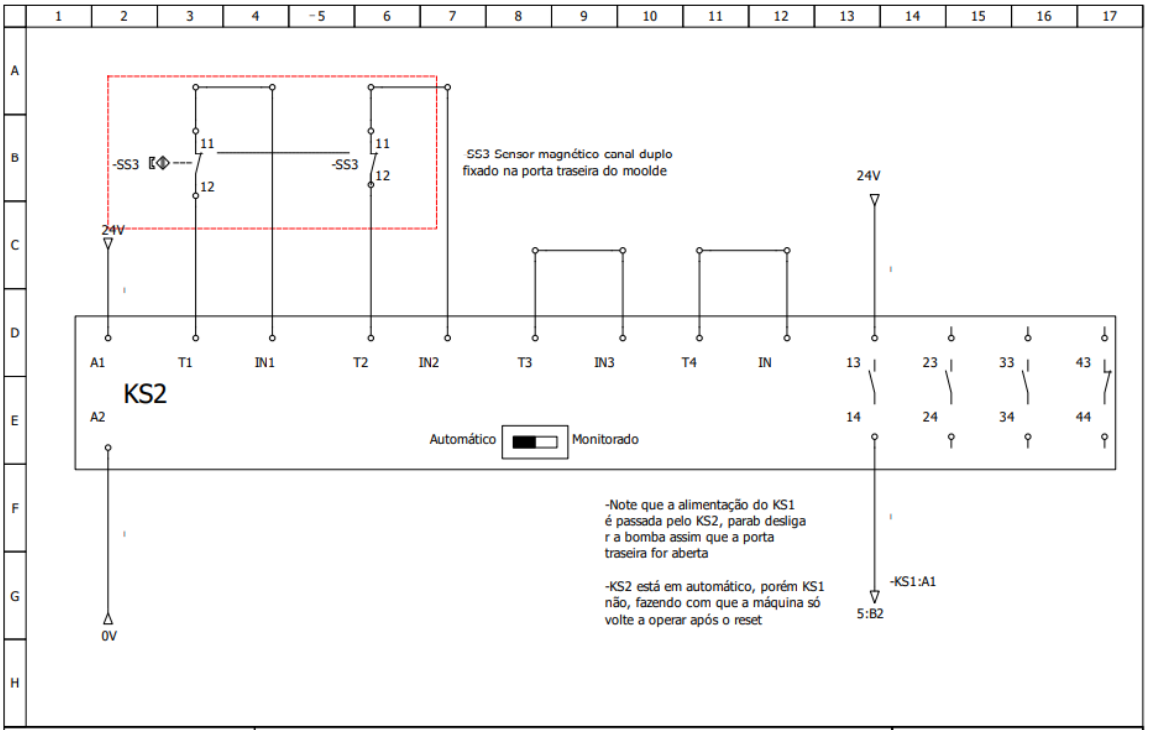
De acordo com a definição da norma ISO 13849-1, o movimento do molde de uma injetora horizontal é considerado categoria 3 porque apresenta riscos significativos de lesões graves ou morte para os trabalhadores envolvidos em sua operação ou manutenção.

No caso das injetoras horizontais, o movimento do molde envolve a manipulação de peças pesadas, além de uma alta pressão de fechamento do molde, que pode causar graves lesões se um trabalhador ficar preso entre o molde e a máquina.

Para proteger o operador do movimento realizado pelo molde, foi utilizado um sensor magnético (modelo 3SE6 704-2BA da Siemens) com contato duplo, enviando sinal para um relé de segurança adicional (modelo 3SK1111-1AB30 da Siemens) que pode ser identificado na figura 07.

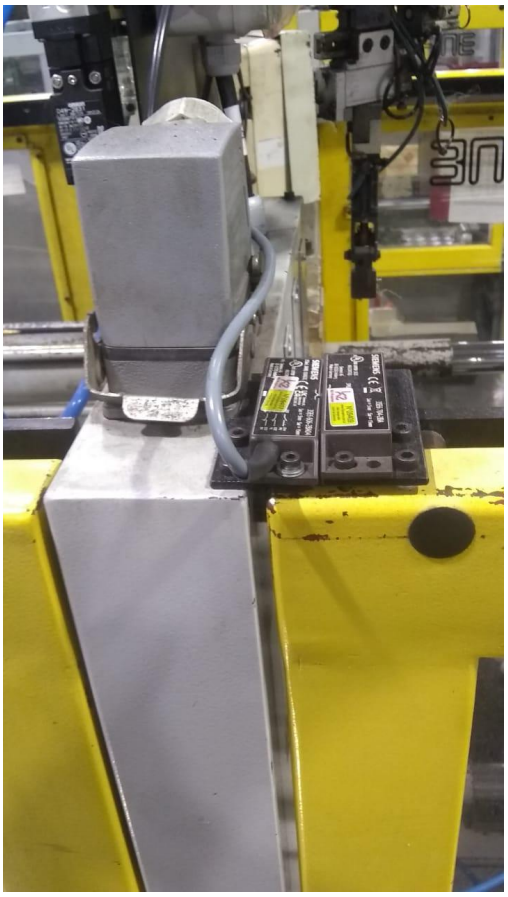
Esse sistema garante que, ao abrir a porta traseira do molde, os canais “13” e “14” do relé sejam desligados, interrompendo imediatamente o motor. Para retomar o funcionamento da máquina, é necessário fechar a proteção e reiniciar o equipamento. Garantindo categoria 3 no movimento do molde. O Diagrama 03 apresenta o esquema de porta traseira.

Diagrama 03 - Esquema de porta traseira



Fonte: Dos Autores

Figura 07 - Sensor magnético da porta traseira



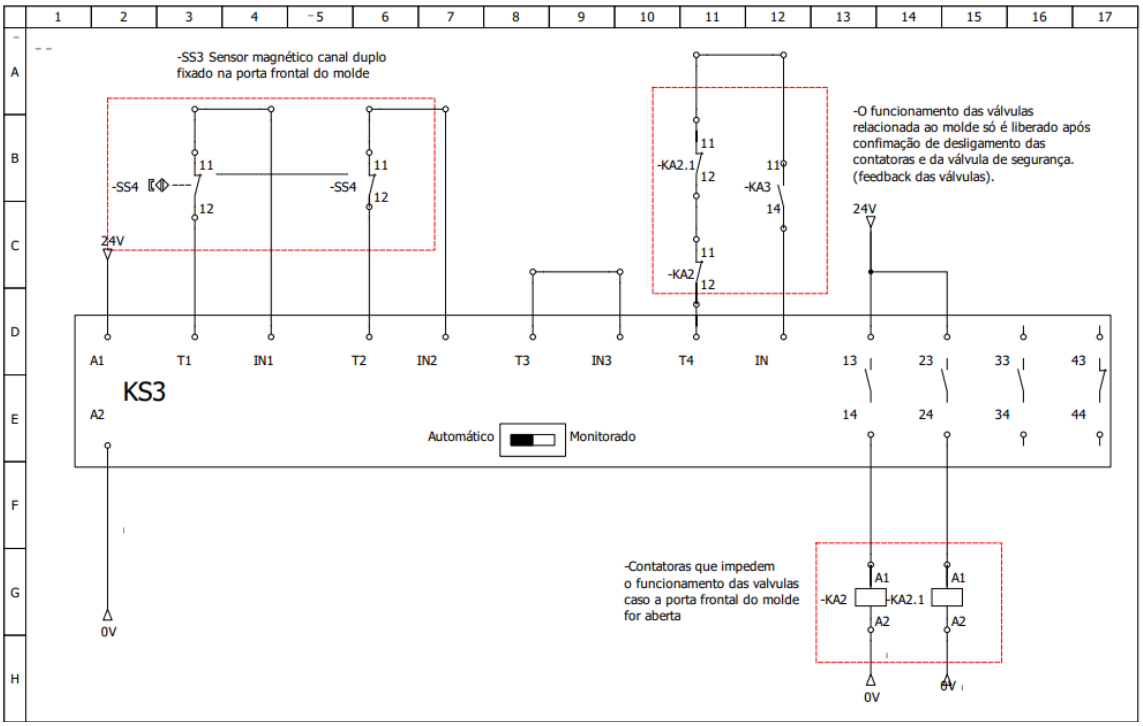
Fonte: Dos Autores

2.2.1.3. Porta frontal do molde

Para proteger a porta frontal do molde, foi utilizado um segundo sensor do mesmo modelo (3SE6 704-2BA da Siemens). No entanto, esse sensor é monitorado por um relé de segurança diferente, nas conexões "T1" com "IN1" e "T2" com "IN2". As conexões "T4" com "IN" estão sendo utilizadas para monitorar a lógica dos contatores que alimentam as válvulas de movimentação do molde caso a porta for aberta a alimentação dos contatores "KA2" e "KA2.1" modelo 3RH2131-1BB40 Siemens que também atende a IEC 60947-4-1.

Esses contatores são desligados pelo relé de segurança impedindo o funcionamento instantâneo das válvulas hidráulicas relacionadas ao movimento do molde. Além disso, "KA3" é um relé acoplador responsável por monitorar a válvula de segurança e impedir o funcionamento caso ela fique presa na posição aberta. Caso a porta for aberta a alimentação dos contatores "KA2" e "KA2.1" é desligada, impedindo o funcionamento instantâneo das válvulas relacionadas ao molde, conforme pode ser observado no Diagrama 04 e na Figura 08.

Diagrama 04 - Esquema de porta frontal



Fonte: Dos Autores

Figura 08 - Porta Frontal

Fonte: Dos Autores

Na figura 08 está sendo mostrada a porta principal da máquina injetora, com os sensores e sinalizações de seguranças.

Na figura 09 é possível identificar o painel de controle da máquina injetora onde o operador pode utilizar em quatro modos: manual, semi automático, automático e de ajuste. No painel são realizadas todas as regulagens e comandos necessários para o funcionamento da máquina. O modo manual, possui um botão representado por uma mãozinha ou um dedo, neste modo, a máquina executa uma função de cada vez, de acordo com o comando dado pelo operador, seguindo a ordem do ciclo e com os valores programados (volume e pressão). É geralmente usado durante regulagens ou para iniciar ou parar a máquina no início/ final do turno.

No modo semi-automático, há um botão representado por quatro setas formando um ciclo, com uma barra em uma das setas, indicando que pára ao finalizar o ciclo. Este modo também é utilizado durante a regulagem e ajustes.
O modo automático é acionado por um botão também representado por quatro setas, porém sem a barra, indicando um ciclo contínuo. Nesse modo, a máquina executa todas as etapas do ciclo sem parar, até que o operador páre a máquina.
Por fim, o modo de ajuste é representado por um botão com o desenho de 5 engrenagens, neste, a máquina executa uma função de cada vez, de acordo com o comando do operador, permite a execução de movimentos mais livres, libera movimentos que não funcionam no modo manual, como abrir o molde mais do que o programado, avançar o extrator além do programado, alterar a altura do molde, entre outros. Esse modo é geralmente usado durante regulagens e manutenções.
Ainda na figura 09, também é possível observar um dos dois botões de emergência presentes na máquina.

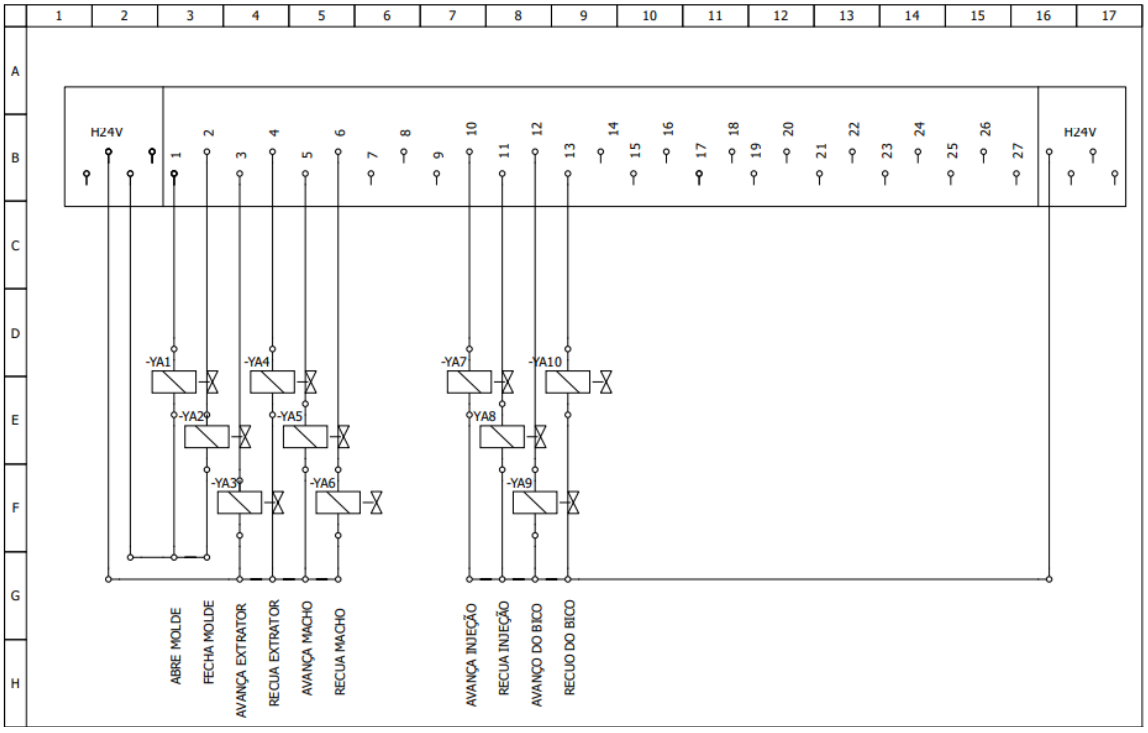
Figura 09 - Painel de controle do operador na porta frontal

Fonte: Dos Autores

2.2.1.4. Alimentação das válvulas hidráulicas antes da adequação

No Diagrama 05, está a ligação das válvulas, relacionadas à injeção e movimentação do molde, na qual é necessária a realização de adequações.

Diagrama 05 - Esquema de válvula hidráulica



Fonte: Dos Autores

2.2.2. Riscos de acidentes de trabalho

A norma regulamentadora 12 prevê alguns riscos de acidentes de trabalho que podem ocorrer nas máquinas injetoras, levando em consideração os mais recorrentes nesses tipos de máquinas e equipamentos. Os operadores dessas máquinas estão mais expostos/ propícios a sofrerem acidentes como esmagamento, cortes e/ou queimaduras de dedos, mãos e braços durante a retirada, posicionamento e fechamento do molde, caso não tenha os dispositivos de segurança.

Atualmente, existem várias medidas de proteção para a injetora de plástico, quando é feita a aplicação da NR-12 o risco na máquina pode-se considerar baixo, pois o fechamento do molde apenas ocorre com a porta fechada. Outro ponto a ser analisado é buscar formas de impedir que o operador consiga burlar o procedimento e regras de segurança, podendo ocasionar um acidente. Uma das formas é realizando a instalação de três dispositivos na porta de acesso molde, sendo um elétrico (sensores de posição), um mecânico auto-regulável e uma válvula que atua no sistema hidráulico ou pneumático.

2.2. 3 Métodos de análise de riscos

A literatura aponta alguns métodos de análise de risco, dos quais serão citados dois neste trabalho, a Análise Preliminar de Risco (APR) e *Hazard Rating Number*, “classificação numérica de perigo”, em tradução livre (HRN)

Para realizar a análise preliminar de riscos (APR) de uma máquina é utilizado técnica de avaliação analisando os riscos, identificando causas e efeitos. Propondo ações para eliminar a existência de acidentes.

O método HRN, realiza uma estimativa quantitativa de risco de acordo com as Quadros 01 a 05 conforme cada função. Probabilidade de ocorrência (LO) tem 8 faixas com escala de 0,033 - quase impossível a 15 - certeza (quadro 01). Frequência de exposição (FE) tem 6 faixas com escala de 0,5 - anualmente a 5 - constante (quadro 02). Grau de possível lesão (DPH) tem 9 faixas com escala de 0,1 - arranhão ou escoriação a 15 - fatalidade (quadro 03). O número de pessoas sob o risco (NP) tem 5 faixas com escala de 1 - 2 pessoas a mais de 50 pessoas (quadro 04). Calculadas de acordo com a seguinte equação.

$$HRN = LO \times FE \times DPH \times NP \qquad \text{(eq 01)}$$

Quadro 01 - Probabilidade de ocorrência (LO)

(LO) Probabilidade de Ocorrência		
0,033	Quase impossível	Pode ocorrer em extremas circunstâncias
1,00	Altamente improvável	Mas pode ocorrer
1,50	Impossível	Embora inconcebível
2,00	Possível	Mas não usual
5,00	Alguma chance	Pode acontecer
8,00	Provável	Sem surpresas
10,00	Muito provável	Esperado
15,00	Certeza	Sem dúvida

Fonte: Künzel, 2019

Quadro 02 - Frequência de exposição (FE)

(FE) Frequência de Exposição	
0,50	Anualmente
1,00	Mensalmente
1,50	Semestralmente
2,50	Diariamente
4,00	Em termos de horas
5,00	constante

Fonte: Künzel, 2019

Quadro 03 - Grau de possível lesão (DPH)

(DPH) Grau da Possível Lesão	
0,1	Arranhão ou escoriação
0,5	Dilaceramento, corte ou enfermidade leve
1,0	Fratura leve de ossos, dedos das mãos ou dedos dos pés
2,0	Fratura grave de ossos, mão, braço ou perna
4,0	Perda de 1 ou 2 dedos das mãos ou dos pés
8,0	Amputação de perna, mãos, perda parcial da audição ou visão
10,0	Amputação de 2 pernas ou mãos, perda parcial da audição ou visão em ambos ouvidos ou olhos
12,0	Enfermidade permanente ou crítica
15,0	Fatalidade

Fonte: Künzel, 2019

Quadro 04 - Número de pessoas à mercê do risco (NP)

(NP) Número de pessoas a merce do risco	
1,0	1 a 2 pessoas
2,0	3 a 7 pessoas
4,0	8 a 15 pessoas
8,0	16 a 50 pessoas
12,0	Mais de 50 pessoas

Fonte: Künzel, 2019

Segundo Künzel, 2019, o resultado da equação deve ser comparado com o seguinte quadro (quadro 05) para determinar o risco em um conjunto de máquinas ou em cada parte de uma, o profissional responsável deve se basear neste resultado para identificar os riscos mais relevantes e graves para planejar a adequação.

Quadro 05 - Tabela de risco HRN

HRN (Hazard Rating Number)		
Resultado	**Risco**	**Avaliação**
0 a 1	Aceitável	Considerar possíveis ações. Manter as medidas de proteção
1 a 5	Muito baixo	
5 a 10	Baixo	Garantir que as medidas atuais de proteção são eficazes. Aprimorar com ações complementares
10 a 50	Significante	
50 a 100	Alto	Devem ser realizadas ações para reduzir ou eliminar o risco. Garantir a implementação de proteções ou dispositivos de segurança
100 a 500	Muito alto	
500 a 1000	Extremo	Ação imediata para reduzir ou eliminar o risco
Maior que 1000	Inaceitável	Interromper a atividade até eliminação ou redução do risco

Fonte: Künzel, 2019

O resultado encontrado prioriza a ação sobre o risco encontrado em cada parte da máquina ou conjunto de máquinas, e cabe ao gestor da NR-12 realizar a adequação quanto aos riscos mais relevantes e graves para a segurança dos operadores ou equipes de manutenção elétrica e mecânica. Ressaltando aqui a segurança das equipes de manutenção, pois em algumas análises e apreciação de riscos, esses profissionais são ignorados e ficam suscetíveis a acidentes com as máquinas.

2.2.3. Dispositivos de segurança

2.2.3.1. Funções de segurança

As máquinas possuem funções operacionais e de segurança, a ABNT NBR ISO 12100:2013 define função de segurança em uma máquina como aquela cuja falha aumenta imediatamente os riscos, esta função, quando definida, deve-se também especificar a redução dos riscos esperada.

É possível iniciar uma função de segurança usando objetos, como proteção móvel, dispositivo de parada de emergência, dispositivo AOPD (*Area of Protection Detection* - Área de detecção de proteção). Esse equipamento de segurança é utilizado para proteger as pessoas em áreas perigosas ao redor das máquinas e é composto por um emissor de luz e um receptor que trabalham juntos para detectar a presença de pessoas ou objetos dentro da área protegida.

Além disso, é importante especificar a categoria de segurança com relação a defeitos ou performance esperada da função de segurança. O processo de redução de riscos envolve

a determinação das funções de segurança da máquina, e o manual pode listar funções de segurança relevantes.

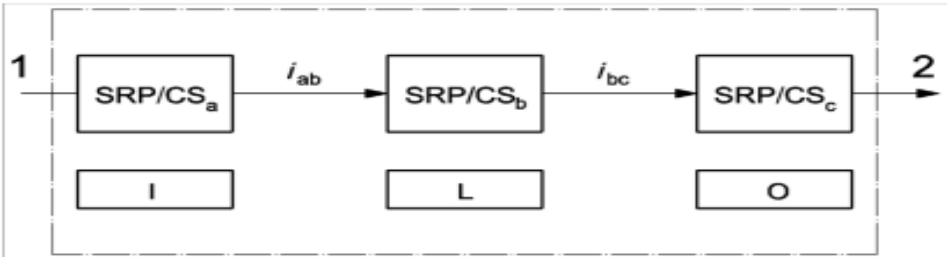
2.2.3.2. Sistema de comando relacionado à segurança.

O sistema de controle da máquina processa os sinais de entrada provenientes de componentes da máquina, operadores, equipamentos de controle externos ou de uma combinação desses, e produz sinais de saída que controlam o comportamento adequado da máquina.

Uma parte desse sistema de controle está relacionada à segurança e conforme a ABNT NBR ISO 13849-1:2019 e ABNT NBR 14153:2022, é responsável por processar os sinais de entrada e gerar sinais de saída, ambos relacionados à segurança.

Quando a redução de riscos depende mais das partes do sistema de controle relacionadas à segurança, é necessário que essas partes possuam maior capacidade de resistência a falhas. Essa capacidade, assumindo que a função exigida seja cumprida, pode ser parcialmente medida por meio de valores de confiabilidade e uma estrutura robusta contra falhas.

Figura 10 - Sistema de comando relacionado à segurança



Fonte: ABNT NBR ISO 13849-1:2019

Como observado na figura 10, a entrada 1 é processada por uma função de transferência e tratada por uma lógica resultando na saída 2, podendo incluir monitoramentos e redundâncias em uma mesma máquina é importante aplicar esse procedimento de acordo com os riscos de acidentes que o operador está exposto.

2.2.3.3. Parada de emergência

Foi adicionado ao circuito da máquina o relé de segurança KS1 (3SK1111-1AB30 Siemens). Este relé atende os requisitos da norma IEC 60947-4-1 e tem a função de parar instantaneamente o motor quando o botão de emergência for acionado ou quando a porta traseira for aberta, será detalhado mais adiante. O relé atende à categoria 4, pois também possui contatos internos em redundância na lógica para prevenir falhas e perda da função de emergência.

Foram adicionados dois botões de emergência (no diagrama 06 e nas figuras 09 e 11) com contatos duplos e monitorados que diferente do convencional que ao soltarem da botoeira funcionam normalmente, este também possui contatos normalmente aberto em série com o normalmente fechado, que interrompe a passagem de energia caso solte da botoeira.

O relé de segurança "KS1" envia uma corrente contínua de 24V pelos canais "T1" para "IN1" e "T2" para "IN2", respectivamente, utilizando frequências diferentes. Esses sinais passam pelos botões de emergência "B1" e "B1.1". Essa configuração impede o

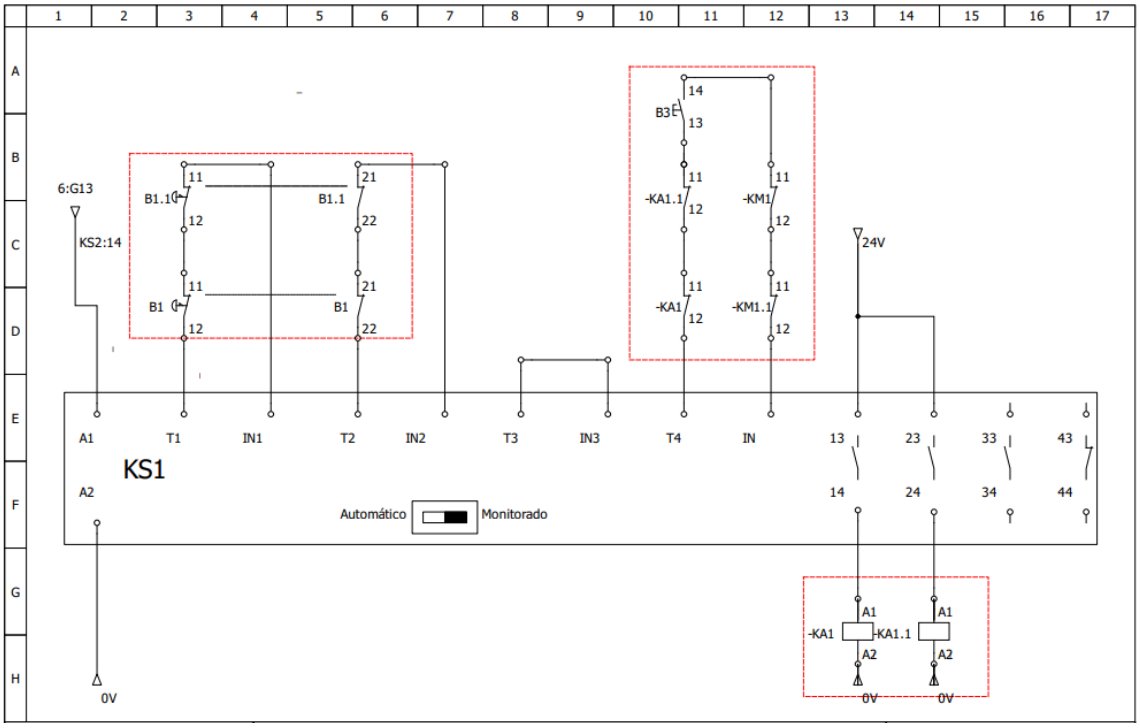
funcionamento caso ocorra um curto-circuito, garantindo assim a efetividade dos botões de emergência. Os botões são instalados em pontos estratégicos para aumentar a segurança no processo, conforme pode ser observado na Figura 11.

No mesmo diagrama, a série “T4” e “IN4” trata do *reset* manual do relé com o botão “B3”. Observe que essa função tem contatos normalmente fechados dos contatores do motor e auxiliares da partida, com o intuito de realizar o monitoramento impossibilitando o rearme do relé caso algum contator cole.

O objetivo do monitoramento é diagnosticar o estado de um componente quando a função de segurança é acionada ou através de autodiagnóstico cíclico. A lógica reconhece os estados lógicos do componente, como aberto ou fechado, ligado ou desligado. A confiabilidade do diagnóstico do estado lógico afeta a robustez do sistema em relação à falha, determinado pelo nível de desempenho ou categoria requerida. De acordo com a norma ABNT NBR ISO 13849-1:2019, o monitoramento é a função de segurança que assegura que uma medida de proteção é iniciada quando a capacidade de um componente em desempenhar sua função é diminuída ou se as condições do processo forem alteradas de forma a aumentar o risco. O componente é definido como tendo cobertura de diagnóstico ou *diagnostic coverage* - DC.

O Diagrama 06 apresenta o relé que tem como opção a função automática, que rearma automaticamente assim que energizado, e a função monitorada, que depende de um acionamento manual assim que energizado."

Diagrama 06 - Esquema de parada de emergência



Fonte: Dos Autores

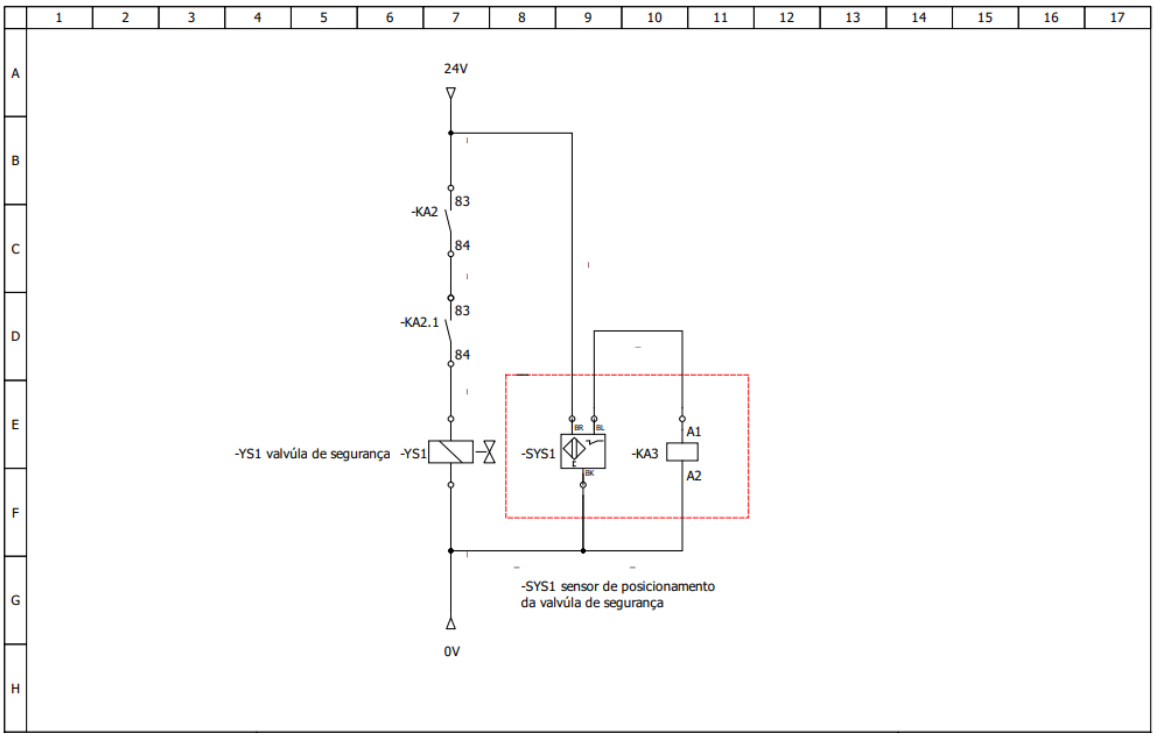
Figura 11 - Botão de emergência da porta traseira (B1.1).

Fonte: Dos Autores

2.2.3.4. Válvula de segurança

A alimentação da válvula hidráulica de segurança é responsável por alimentar todo o sistema hidráulico da injetora. Ao cortá-la, todos os movimentos são parados. Além disso, há a ligação do sensor lógico que envia sinal sempre que a válvula estiver totalmente fechada. Esse sinal alimenta um relé acoplador “KA3” que, por sua vez, envia um sinal para o relé de segurança "KS3", realizando o monitoramento indireto do circuito, conforme pode ser observado no Diagrama 07.

Diagrama 07 - Esquema de válvula de segurança



Fonte: Dos Autores

2.2.4. Processo de adequação a NR-12

Quadro 06 - Etapas do processo de adequação à NR-12

Fonte: Dos Autores

A norma exige alguns requisitos para evitar acidentes, visando garantir a segurança do trabalhador e sua integridade física, como apontado anteriormente. Os requisitos a serem seguidos são, respectivamente, as medidas de proteção coletiva, as medidas administrativas ou de organização do trabalho e as medidas de proteção individual.

De acordo com Rodrigues (2018) é realizada uma sequência que consiste em seis passos para o cumprimento da norma, permitindo que as empresas se programem e se organizem quanto às medidas administrativas necessárias, montando um plano de ação priorizando as intervenções, de acordo com o capital a ser investido nesse processo e seguindo a ordem apresentada pela NR-12. Esses passos estão ilustrados no quadro 06.

O primeiro passo é fundamental e consiste em um inventário, no qual deve estar detalhadamente descrito, junto com a planta baixa atual localizando as máquinas e equipamentos presentes na empresa e englobados na norma, um documento com o registro atualizado, com informações básicas do maquinário, de forma a ser facilmente identificado no processo de fiscalização e na visita do ministério do trabalho. Por ser o primeiro contato do fiscal com a empresa, esse passo é fundamental, pois indicará o quanto a empresa está engajada com o processo e também é a partir do inventário que o fiscal determinará os prazos para que a adequação seja realizada. Quanto ao investimento, esse passo corresponde a 1% do valor total.

Uma vez feito o inventário, é iniciado o segundo passo, a análise e apreciação de riscos de toda e cada máquina e equipamento anteriormente descrito. Esse processo deve ser realizado por um profissional habilitado e cadastrado no CREA de sua região, esse profissional deve ser um engenheiro e será o responsável técnico por essa análise de risco. De acordo com o item 12.5.2 da NR-12, o engenheiro deve identificar os riscos que cada máquina ou equipamento pode oferecer e componentes ou partes mais propícias a causarem acidentes, em qual categoria se enquadra e quais medidas podem ser tomadas

quanto à proteção e prevenção de acidentes, elaborando um plano de ação. Segundo Souza (2017) todo esse processo deve ser registrado em um A.R.T. (Anotação de Responsabilidade Técnica). O plano elaborado leva em consideração as ações/ medidas administrativas e as intervenções no maquinário, que são as medidas operacionais. Essa etapa corresponde a 2% do total investido no processo.

Após a apreciação de riscos, começa a elaboração das medidas administrativas, terceiro passo da adequação, nesse a empresa deve iniciar os procedimentos burocráticos e administrativos, organizar os manuais de instruções de cada máquina e equipamento que ainda não o tenha, promover o treinamento para os funcionários que irão operar o maquinário e seus gestores, identificar e sinalizar os riscos. Do valor total investido, este passo equivale a 3%.

A quarta etapa é a elaboração do projeto de engenharia, elétrico ou mecânico de acordo com adequação a NR-12, conforme a análise de riscos, serão formuladas ações detalhadas para solução das irregularidades. Ao ser executada garantirá o cumprimento da norma adquirindo mais segurança para o processo e para os operadores. Essa etapa equivale a 3% do valor investido.

A adequação propriamente dita começa a acontecer no quinto passo e, para que seja bem sucedida, é primordial que os passos anteriores sejam executados adequadamente, pois são determinantes para que as necessidades da empresa sejam atendidas e o processo seja otimizado, melhorando a relação de custo-benefício para a empresa. Por ser o passo no qual há maiores intervenções, principalmente de forma direta no maquinário, é também a etapa mais custosa, utilizando em torno de 90% do valor investido em todo o processo de adequação.

Por fim, no sexto e último passo, ocorre a validação, nessa etapa, o engenheiro de segurança do trabalho deve verificar se todas as modificações e alterações estão efetivamente em conformidade com a norma e se todas as etapas anteriores foram cumpridas de forma efetiva. Estando tudo em conformidade com a NR-12, o engenheiro deve registrar em um A.R.T. (Anotação de Responsabilidade Técnica) no CREA de sua região, um laudo técnico. A confirmação de que a empresa está adequada de acordo com a NR-12 se dará a partir desse documento. Finalizando o processo e equivalendo a 1% do valor total investido.

Todo o processo deve ser documentado e descrito minuciosamente e ilustrado com 11 imagens do antes e depois, comprovando as alterações e que a planta está em conformidade com a norma.

2.2.4.1. Adequação elétrica de uma injetora

No projeto e instalação das partes de sistemas de comandos relacionados à segurança em injetoras, de acordo com a Norma Regulamentadora 12 (NR-12), foram utilizados os conceitos básicos de apreciação de riscos, sistemas e funções de segurança em máquinas e equipamentos. O processo de adequação de injetoras será ilustrado a seguir através de exemplos de diagramas de sistemas de comando de uma injetora horizontal do fabricante TAYU, as quais não atendiam aos padrões exigidos pela NR-12. Para isso, serão abordados os diferentes tipos de sistemas de comandos de segurança, incluindo sistemas simples (de um único canal) e redundantes (de dois canais), e suas estruturas.

2.2.4.2. Ligação do motor após adequação

Foi implementada no diagrama 08, uma estrutura redundante na lógica do sistema elétrico da máquina, com a instalação dos contatores “KA1” e “KA1.1” modelo 3RT20271BB40

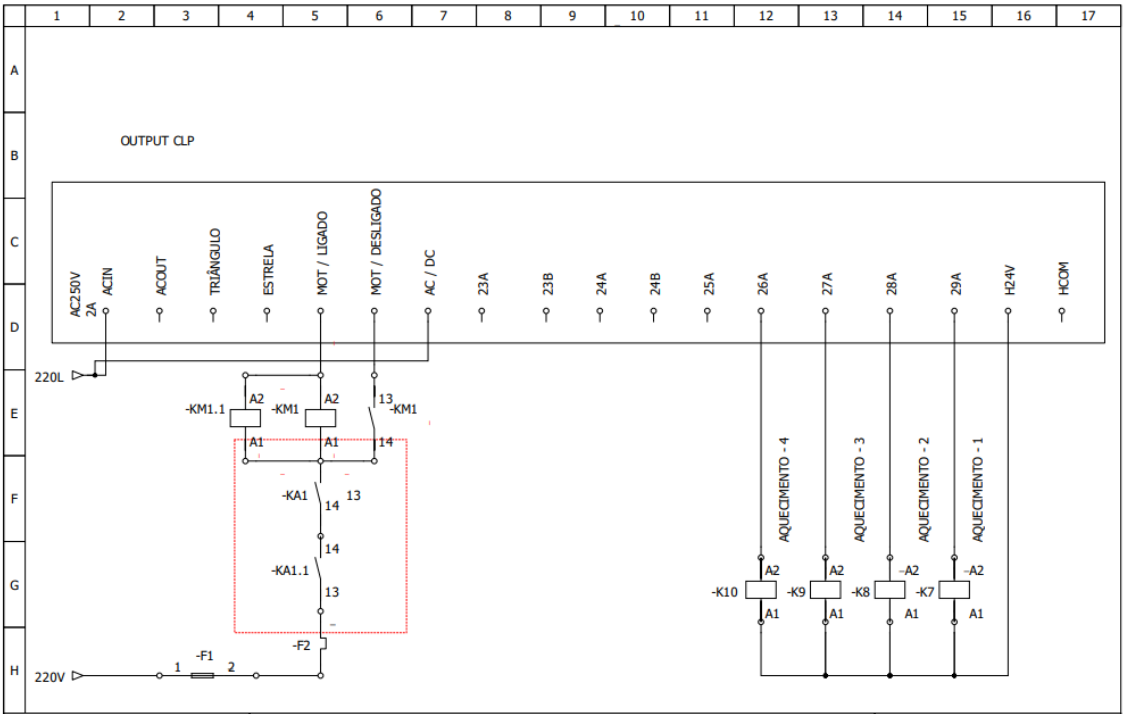
Siemens. Essa medida de segurança garante que o motor será desligado imediatamente caso o botão de emergência seja acionado ou se a porta traseira do molde for aberta.

Os contatores “KA1” e “KA1.1” está de acordo com a norma IEC 60947-4-1, frequentemente exigida por regulamentações de segurança elétrica em todo o mundo, especialmente em aplicações críticas onde a segurança é uma preocupação primordial, como em sistemas de controle de processos, máquinas e equipamentos industriais, elevadores, entre outros.

A norma IEC 60947-4-1 estabelece requisitos para dispositivos de proteção elétrica, como contatores, relés de segurança, interruptores de segurança, entre outros, que são usados para garantir a segurança de pessoas e equipamentos em aplicações industriais e comerciais. A norma também estabelece requisitos para projetos, construção, instalação e operação desses dispositivos de proteção elétrica.

Dentre os requisitos principais que a norma IEC 60947-4-1 estabelece, podem ser citados os relacionados à segurança elétrica, dentre elas, a resistência ao isolamento, capacidade de interrupção de corrente e proteção contra curtos- circuitos, há também os de funcionamento e confiabilidade, relacionados, dentre outros, à vida útil dos contatos e sua capacidade de suportar vibrações e choques mecânicos e resistência à umidade e corrosão. Os contatores de segurança garantem que, quando há falhas, mesmo que mecânica em outros componentes, os contatos mecanicamente guiados se mantenham abertos, interrompendo o circuito elétrico. Conforme pode ser observado no diagrama 08.

Diagrama 08 - Esquema de output CLP/ Partida do motor/ Aquecimento após adequação



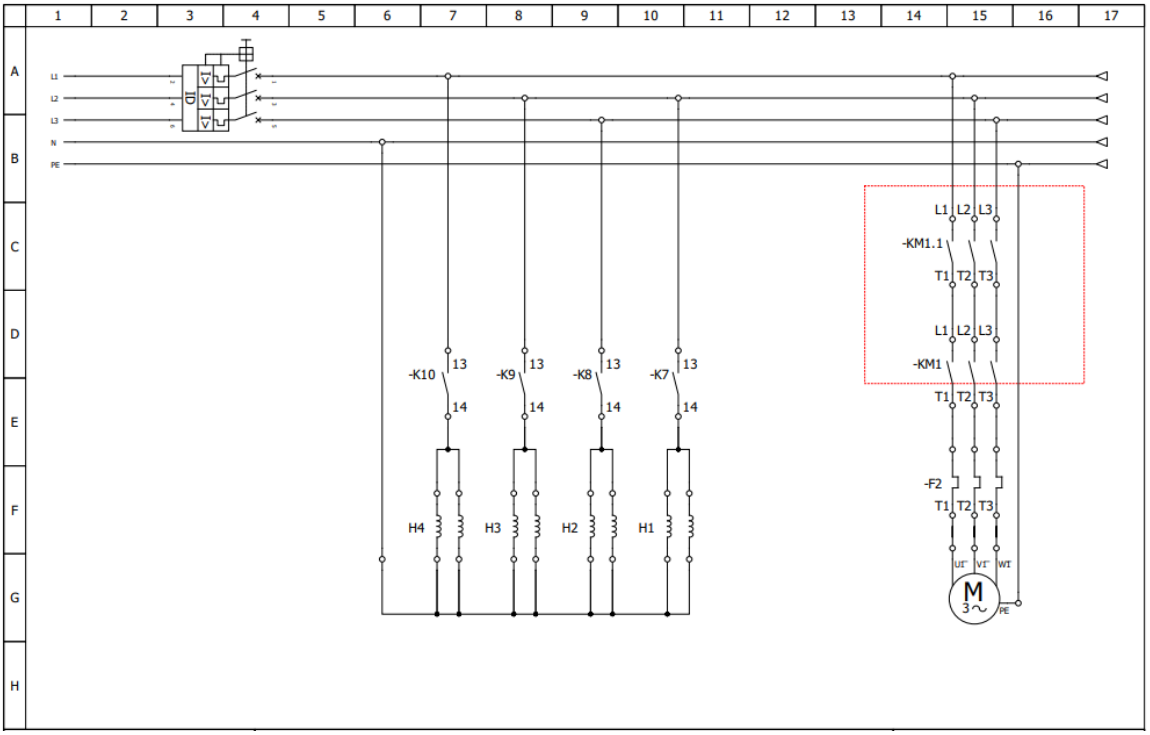
Fonte: Dos autores

2.2.4.3. Alimentação do motor após adequação

Após a adequação do motor, também se evita a ocorrência de partidas inesperadas ao exigir um reset manual para acionamento dos contatores “KM1” e “KM1.1” através do relé de segurança, como veremos a seguir no diagrama 09.

De acordo com as normas de segurança, a partida inesperada de máquinas pode representar riscos graves às pessoas, independentemente da sua causa. A ABNT NBR ISO 12100:2013 destaca que, por ser imprevisível, medidas adicionais devem ser adotadas durante o estado de parada para preveni-la. Conforme a ABNT NBR ISO 14118:2022 - Segurança de máquinas - Prevenção de partida inesperada, as principais causas desse tipo de ocorrência são falhas no sistema de comando, comandos de partida involuntários, restauração do fornecimento de energia após uma interrupção e influências internas ou externas em partes da máquina. De acordo com o item 12.4.2 da NR-12, dispositivos de segurança devem ser instalados nos comandos de partida ou acionamento das máquinas, impedindo o seu funcionamento automático quando energizadas. A ABNT NBR ISO 12100:2013 reforça que, quando uma máquina é reenergizada após a interrupção da alimentação, o reinício espontâneo deve ser evitado, caso haja risco de perigo, como ilustra o Diagrama 09.

Diagrama 09 - Motor/ aquecimento após adequação

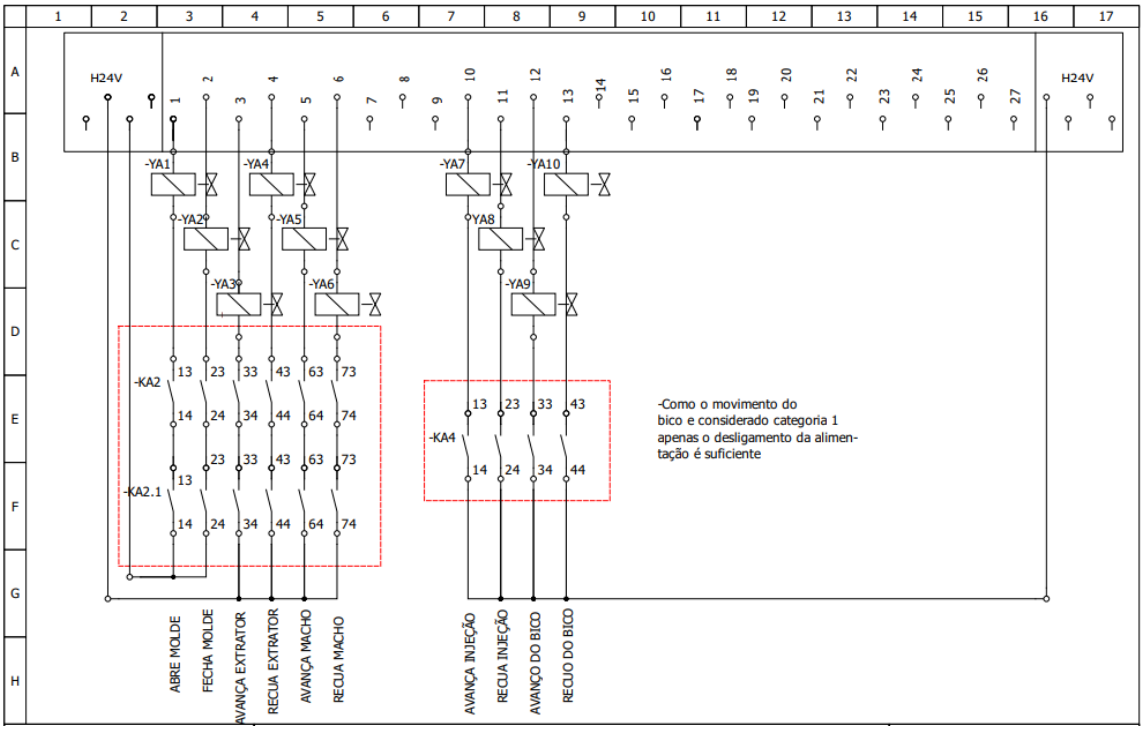


Fonte: Dos autores

2.2.4.4. Alimentação da válvula hidráulica após adequação

Para os movimentos do molde, foi utilizada a redundância na lógica para garantir os padrões exigidos para atingir a categoria 3 na segurança. Já para o movimento da injeção, foi suficiente desligar a alimentação, pois a unidade de injeção de uma injetora horizontal é considerada categoria 1 conforme a definição da norma ISO 13849-1, devido aos riscos relativamente baixos em comparação com outras partes da máquina, como o movimento do molde. Como pode ser observado no Diagrama 10.

Diagrama 10 - Esquema de válvulas hidráulicas após adequação

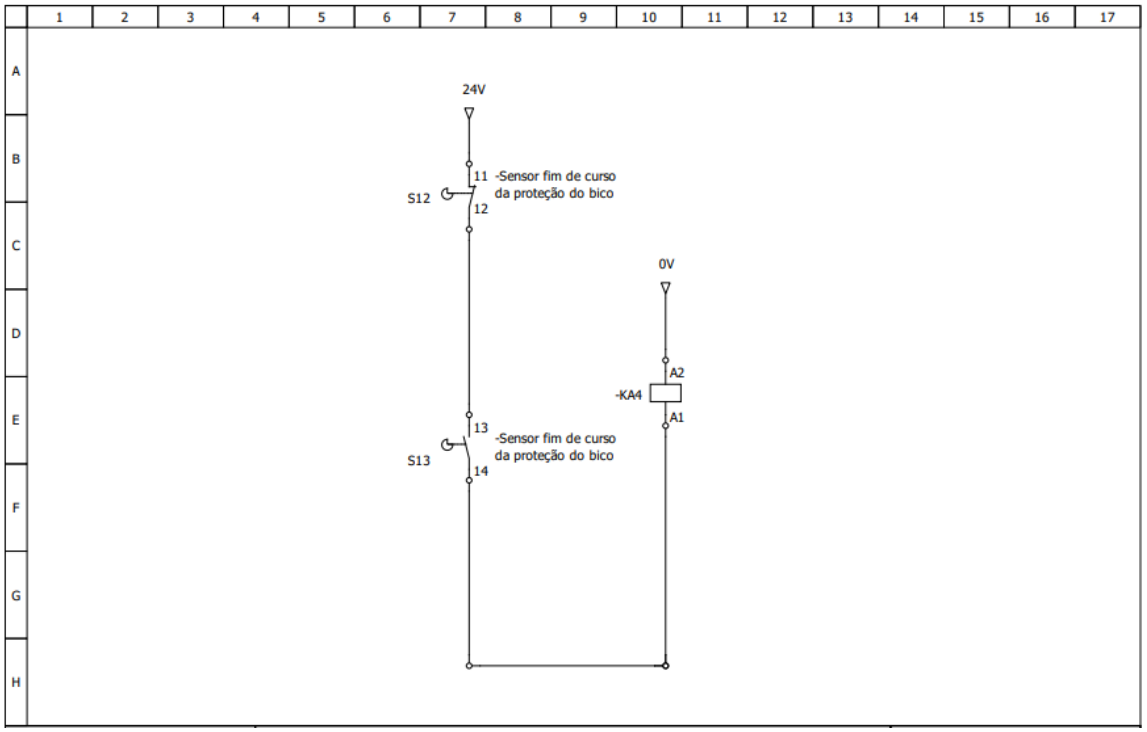


Fonte: Dos autores

2.2.4.5. Proteção do bico da injeção

O funcionamento do contator "KA4", o qual é responsável pela lógica de desligamento das válvulas de injeção no momento em que a proteção do bico é movimentada, pois a alimentação do contator "KA4" passa por dois sensores que interrompem a alimentação elétrica do contator, como podemos observar no diagrama 11.

Diagrama 11 - Esquema de injeção



Fonte: Dos autores

2.2.6. Treinamento

De acordo com a NR-12, as máquinas injetoras somente devem ser operadas, inspecionadas e receberem manutenção e outras intervenções de pessoas qualificadas, habilitadas e autorizadas. O empregador deve providenciar a capacitação a todos os trabalhadores que irão utilizar as máquinas e equipamentos englobados na norma, na qual estarão cientes dos riscos aos quais estão expostos e medidas de proteção disponíveis.

2.2.7. Fiscalização

A fiscalização da NR-12 é realizada por órgãos competentes, como a Secretaria Especial de Previdência e Trabalho, o Ministério do Trabalho ou outras entidades autorizadas. Durante as inspeções, os fiscais verificam o cumprimento dos requisitos estabelecidos na norma, analisando aspectos como a adequação dos equipamentos, a existência de proteções e dispositivos de segurança, a capacitação dos trabalhadores, além do cumprimento de outros requisitos específicos.

3. Materiais e Métodos

Foi realizado um levantamento bibliográfico sobre a norma regulamentadora 12 e sua aplicação, analisando as dificuldades e seu funcionamento na readequação sendo observado as irregularidades e pontos de riscos que podem ocasionar algum acidente em uma máquina injetora de plástico.

Para a adequação da máquina injetora, foram utilizados e realizados diagramas para ilustrar o processo e comparar o circuito elétrico de cada parte da máquina antes e após a adequação. Os materiais utilizados na adequação da máquina foram: sensor, relé de segurança para o monitoramento e contatores e botão de emergência incluindo assim a redundância no circuito elétrico.

4.Resultados e Discussão

Ao longo deste estudo, foi possível notar a importância e os benefícios a curto e longo prazo da implementação da norma regulamentadora na indústria. Desde um ambiente de trabalho mais seguro, reduzindo os gastos com indenizações, até melhora na produção e redução nos custos desta, aumentando, consequentemente, os lucros.

No entanto, também foi possível observar que, mesmo com todas as suas exigências, a NR-12 é específica às máquinas e equipamentos, sendo necessária, muitas vezes, a implementação de outras medidas e normas de segurança em conjunto com as adequações do maquinário.

Atualmente, no Brasil, ainda são encontradas muitas máquinas que não são fabricadas em conformidade com a NR-12, o que acarreta em diversos problemas para as empresas que as utilizam e maiores custos, desde lidar com as consequências de possíveis acidentes, dado o risco que os operadores dessas máquinas correm antes de ser realizada a adequação, possíveis processos e indenizações, além de multas que a empresa precisa pagar quando fiscalizada e autuada por não seguir a norma. Outro custo que a empresa acaba enfrentando é o valor da adequação, que varia de acordo com o que não está em conformidade.

Através deste estudo, foi verificada a importância de realizar a adequação, pois esta reduz drasticamente o risco de acidentes de trabalho, impactando, diretamente, nos lucros da empresa, pois os custos com a adequação é realizado pontualmente e, seus benefícios, percebidos no dia-a-dia.

Por ser uma máquina de categoria 3 relacionada à segurança, a injetora Tayu utilizada como objeto de estudo neste trabalho, passou por adequações como a instalação de dispositivos de segurança, parada de emergência, redundâncias, ligação e alimentação do motor, da válvula hidráulica, a proteção do bico de injeção e também quanto ao treinamento dos seus operadores. Outro ponto importante é evitar que as medidas de segurança possam ser burladas pelos trabalhadores, o que os coloca em risco. Após a adequação, a máquina injetora passa a apresentar um risco de acidente consideravelmente baixo.

O processo de adequação conta com seis etapas, todas minuciosamente documentadas, nas quais um engenheiro habilitado irá identificar as alterações necessárias e quais máquinas precisam de intervenção, será realizado o processo de adequação e, por fim, validação de todo o processo, revisando se foram realizadas todas as mudanças necessárias.

A automatização das máquinas é um fator que também contribui com a redução dos riscos de acidente de trabalho, uma vez que o trabalhador não precisa operar a máquina manualmente, deve supervisioná-la e, quando necessário, acionar os botões de parada ou os próprios sensores da máquina identificam a presença do trabalhador, interrompendo a alimentação de energia e fazendo com que a máquina pare de funcionar, permitindo que o funcionário possa manipular a máquina sem o risco de ela voltar a funcionar durante esse processo, causando um acidente.

Outro fator a ser considerado é o fato de as empresas serem autuadas em caso de fiscalização e identificação de não conformidade com a norma regulamentadora 12. Como a norma está em constante atualização, as empresas precisam estar atentas e acompanhar as mudanças que se aplicam, realizando novas readequações quando necessárias.

5.Considerações Finais

Após revisão de artigos referentes à NR-12, ainda atualmente é percebida grande dificuldade em diversas indústrias em se adequarem à norma, embora a primeira versão da norma tenha sido redigida em 1978. Há ainda a importância e necessidade de maior fiscalização e qualificação por parte dos trabalhadores que lidam com essas máquinas no dia-a-dia.

Ficou evidenciado que a Norma Regulamentadora NR-12 é uma ferramenta essencial para garantir a segurança e a integridade física dos trabalhadores em ambientes onde ocorrem atividades com máquinas e equipamentos. Ao longo deste trabalho, foram examinados os principais aspectos da NR-12, desde seu objetivo principal até as medidas de controle e prevenção de acidentes.

É perceptível que a NR-12 desempenha um papel fundamental na promoção da segurança no trabalho, estabelecendo diretrizes claras para a implementação de medidas de proteção, como a adoção de sistemas de segurança nas máquinas, treinamentos adequados para os operadores e a realização de manutenções periódicas.

Além disso, observou-se que a NR-12 é uma norma dinâmica, atualizada constantemente para acompanhar o avanço tecnológico e as novas demandas do mercado. Isso reflete o compromisso em proporcionar um ambiente laboral mais seguro e saudável, bem como em reduzir os riscos de acidentes e doenças ocupacionais.

É importante ressaltar também que a NR-12 não é apenas uma exigência legal, mas uma responsabilidade social das empresas para com seus colaboradores. Ao cumprir as determinações desta norma, as organizações demonstram seu comprometimento com a

segurança e o bem-estar dos trabalhadores, promovendo um ambiente de trabalho mais produtivo e saudável.

Portanto, foi possível concluir que a NR-12 é um instrumento indispensável para a proteção dos trabalhadores em atividades que envolvam máquinas e equipamentos. Sua implementação efetiva contribui para a redução dos acidentes de trabalho, a preservação da integridade física dos trabalhadores e a melhoria das condições laborais como um todo.

Além de todos esses estudos pôde-se ver também a aplicação da mesma na prática evidenciado todos os estudos e regulamentações teóricas apresentadas.

6. Referências Bibliográficas

ABNT — ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14153:2022- Segurança de máquinas - Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança - Classificação por categorias de segurança, Rio de Janeiro: ABNT, 2022

ABNT — ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR IEC 60204-1:2020- Segurança de máquinas — **Equipamentos elétricos de máquinas Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020

ABNT — ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 13849-2:2019- **Segurança de máquinas - Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança Parte 2: Validação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019

ABNT — ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14119:2021- **Segurança de máquinas - Dispositivos de intertravamento associados às proteções - Princípios de projeto e seleção**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E DA PREVIDÊNCIA. **NR 12: NR-12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS**. Portaria SEPRT n.º 916, de 30 de julho de 2019 31/07/19 ed. Brasil: Brasil, 1978. 167 p. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-12.pdf. Acesso em: 8 abr. 2023.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E DA PREVIDÊNCIA. **NOTA TÉCNICA Nº179 /2016/CGNOR/DSST/SIT/MTPS** . 26 de julho de 2016 ed. Brasil: Brasil, 2016. 7 p. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/sst-notas-tecnicas/nt_179_2016_cgnor_dsst_sit.pdf. Acesso em: 7 jun. 2023.

CANNON GROUP (Itália). **Plastic's Museum Cannon-Sandretto**: "Civiltà della Plastica". (MUSEU DO PLÁSTICO) 2018. Disponível em: https://www.cannon.com/museums/. Acesso em: 17 mar. 2023.

CAVALCANTE, Z. V.; SILVA, M. L. S. da. A importância da Revolução Industrial no mundo da Tecnologia. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA, 7. 2011. Maringá. Anais eletrônico. Maringá. 2011. Disponível em: <https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2011/wp-content/uploads/sites/86/2016/07/zedequias_vieira_cavalcante2.pdf>. Acesso em: 12 jun 2023.

COSTA, Lucas da Silva. RISCOS E MEDIDAS PREVENTIVAS NA OPERAÇÃO DE INJETORAS PLÁSTICAS. 2021. 95 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica, Departamento Industrial, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas Campus Centro Manaus – CMC, Manaus, 2021. Disponível em: http://repositorio.ifam.edu.br/jspui/handle/4321/999. Acesso em: 17 abr.

KÜNZEL, Walter Luís. **HRN (Hazard Rating Number) na Norma NR-12**: Eficácia X Obrigatoriedade. 2019. Disponível em: https://portal.crea-sc.org.br/hrn-hazard-rating-number-na-norma-nr-12-eficacia-x-obrigatoriedade/. Acesso em: 08 abr. 2023.

LUMATECH. **Moldes para injetoras de plástico com HSM High Speed Machining**. 2014. Disponível em: http://www.lumatech.com.br/moldes-para-injetoras-de-plastico-com-hsm-high-speed-machining/. Acesso em: 12 abr. 2023.

RODRIGUES, Glauco. **O Ciclo de adequação à NR12**. 2018. Disponível em: https://www.aegserv.com.br/post/o-ciclo-de-adequa%C3%A7%C3%A3o-%C3%A0-nr12. Acesso em: 12 mar. 2023.

RUFINO, Vitória Rorato. APLICAÇÃO WEB PARA IDENTIFICAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. 2022. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Inovações Tecnológicas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2022. Disponível em: http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/30483/1/aplicacaowebdispositivosseguranca.pdf. Acesso em: 28 abr. 2023.

RUFINO, Vitória Rorato. DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA E ANÁLISE DA NORMA REGULAMENTADORA NR12 EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE REFRIGERANTES. 2018. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Eletrônica, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2018. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6042/2/segurancanormaproducaorefrigerantes.pdf. Acesso em: 10 abr. 2023.

SARAIVA, P.A.da C. Projeto de um molde de injeção. Leiria, Portugal: IPL, Escola superior de tecnologia e gestão, 2016. Disponível em: https://iconline.ipleiria.pt/bitstream/10400.8/2422/1/Paula%20Alexandra%20da%20Cruz%20Saraiva-Mestrado%20em%20Engenharia%20da%20Conce%C3%A7%C3%A3o%20e%20Desenvolvimento%20do%20Produto.pdf Acesso em 22 abr. 2023

SCHERER, Everton Mattos. Projeto de adequação de máquinas NR12. 2016. 79 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão de Projetos, MBA em Gestão de Projetos, Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos, São Leopoldo, 2016. Disponível em: http://repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/6154/Everton%20Mattos%20Scherer_.pdf?sequence1&isAllowed=y. Acesso em: 12 abr. 2023.=

SILVA, Dione Carlos Soares da. ADEQUAÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS ANTIGOS À NR-12 VISANDO O BAIXO CUSTO. 2019. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Ouro Preto – Ufop, Ouro Preto, 2019. Disponível em: https://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/1921. Acesso em: 23 abr. 2023.

SOUSA, Aallany do Rosário Ferreira de; RODOLPHO, Daniela. IMPORTÂNCIA DA SEGURANÇA DO TRABALHO NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL. Revista Interface

Tecnológica, [S.L.], v. 17, n. 2, p. 817-824, 18 dez. 2020. Interface Tecnológica. http://dx.doi.org/10.31510/infa.v17i2.1008. Disponível em: https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1008/585. Acesso em: 10 abr. 2023.

SOUZA, Everton. **Análise de adequação da NR12 em uma usina de asfalto.** 2017. 65 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia da Segurança do Trabalho, Unidade Acadêmica de Pós Graduação, Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos, São Leopoldo, 2017. Disponível em: http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/6948/Everton%20da%20Silva%20Souza_.pdf?sequence=1. Acesso em: 10 abr. 2023.