

CHRISTIANO DORE BASTOS

**Análise da segurança dos operadores de Prensa Moldadora e Proposta de
Adequação.**

São Paulo
2016

CHRISTIANO DORE BASTOS

Análise da segurança dos operadores de Prensa Moldadora e proposta de adequação.

Monografia apresentada a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Especialista de Engenharia de Segurança do Trabalho.

São Paulo

2016

Dedico este trabalho a memória de meu tio, Aroldo Bastos. À sua inteligência, ao seu coração e seu amor pela Engenharia. Um espelho para toda minha vida.

AGRADECIMENTOS

À minha esposa Lidiane, pelo amor, apoio e dedicação aos cuidados com nossos filhos. Tornando possíveis os momentos de pesquisas e estudos, durante todo o período do curso.

Aos meus filhos, Luan e Caio, por me darem a motivação necessária para uma busca constante em me tornar uma pessoa melhor, a cada dia.

Aos meus Professores e toda a equipe IMAD, pelos ensinamentos e presteza no atendimento a todas as questões levantadas. Aos meus colegas de turma, pelo convívio alegre e engrandecedor.

A minha mãe, pelo seu amor incondicional.

RESUMO

Este trabalho consiste no estudo, apontamento e análise de riscos para a implantação de um Sistema de Segurança Coletiva de uma Máquina do tipo Prensa Moldadora, utilizada no processo de fundição de uma grande empresa multinacional. O processo e a máquina foram concebidos na década de 1950 e desde então, várias melhorias foram realizadas para o aumento da produtividade no setor. A alimentação da matéria prima utilizada no processo, areia para a formação dos moldes e ferro líquido para a formação das peças, foi totalmente automatizada. Porém a máquina utilizada na prensagem da areia, praticamente inalterada desde então. A proposta de solução para a adequação ao uso seguro da máquina, foi elaborada com foco na segurança dos operadores envolvidos no processo, aliado à necessidade de uma produtividade mínima da máquina. O maior desafio foi encontrar uma solução técnica viável para uma máquina projetada e construída sob conceitos e diretrizes ultrapassados. Aliado à isto, a limitação de espaço para a operação da máquina, lay-out das instalações e a agressividade do ambiente, com altas temperaturas e a presença de areia no processo produtivo. Inicialmente foi realizado um estudo do processo de fabricação e operação da Prensa Moldadora, através de visitas técnicas realizadas na fábrica onde a máquina está instalada e operando. Por meio de um estudo de caso, e uma pesquisa qualitativa e exploratória foram coletadas as informações necessárias para o desenvolvimento de uma proposta que segue as etapas de análise dos tópicos aplicáveis da norma NR12 e avaliação dos riscos pelo método *Hazard Risk Number* (HRN). Todos os pontos e princípios fundamentais descritos na NR12 foram analisados, e as não conformidades apontadas. As limitações de lay-out, operação da máquina, processo e produtividade foram levados em consideração para a elaboração da proposta de solução. Através de soluções técnicas viáveis e criativas, foi possível atender todos os requisitos e necessidades da aplicação.

Palavras-chave: Risco. Prensa. NR12. HRN

ABSTRACT

This work was based in the study, pointing and risk analysis for the implementation of a collective security system of a type of machine press molder used in the casting process of a large multinational company. The process and the machine are designed in the 1950s and since then, several improvements were made to increase productivity in the sector. The supply of raw material used in the process, sand for the formation of molds and liquid iron for the formation of parts, was fully automated. But the machine used in the pressing of sand, virtually unchanged since then. The proposed solution to the suitability for the safe use of the machine, was developed with a focus on the safety of the operators involved in the process, coupled with the need for a minimum productivity of the machine. The biggest challenge was to find a viable technical solution for a machine designed and built under outdated concepts and guidelines. Besides to this, the limited space for the operation of the machine, lay-out of the premises and environmental aggression, with high temperatures and the presence of sand in the production process. Initially it was a study of the manufacturing process and operation of the press molder, through technical visits at the factory where the machine is installed and operating. Through a case study, and a qualitative exploratory study were collected the necessary information to develop a proposal that follows the stages of analysis of the relevant topics NR12 standard and risk assessment by the method Hazard Risk Number (HRN). All points and principles described in the NR12 were analyzed, and non-conformities identified. The limitations of lay-out, machine operation, process and productivity were taken into consideration in the preparation of the proposed solution. Through viable and creative technical solutions, it was possible to meet all the requirements and application requirements.

Key Words: Risk. Press. NR12. HRN

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| FIGURA 1 - VISÃO GERAL DE AVALIAÇÃO E REDUÇÃO DE RISCOS..... | 13 |
| FIGURA 2 - GRAU DE SEVERIDADE (GS) | 14 |
| FIGURA 3 - FREQUÊNCIA E DURAÇÃO DE EXPOSIÇÃO (Fe)..... | 15 |
| FIGURA 4 - PROBABILIDADE DE OCORRER (Po) | 16 |
| FIGURA 5 - NÚMERO DE PESSOAS EXPOSTAS AO RISCO (NP) | 16 |
| FIGURA 6 - NÍVEL DE RISCO HRN..... | 17 |
| FIGURA 7 – DEFINIÇÃO DE CATEGORIAS DE RISCO | 17 |
| FIGURA 8 – COMPARAÇÃO ENTRE NÍVEL DE PERFORMANCE E NÍVEL DE INTEGRIDADE DE SEGURANÇA | 17 |
| FIGURA 9 - ARQUITETURA DESIGNADA PARA VERIFICAÇÃO DO PLR..... | 18 |
| FIGURA 10 - ARQUITETURA DESIGNADA PARA A CATEGORIA 1 | 20 |
| FIGURA 11- EXEMPLO DE CIRCUITO SIMPLES DE CATEGORIA 1 | 21 |
| FIGURA 12 - ARQUITETURA DESIGNADA PARA A CATEGORIA 2 | 22 |
| FIGURA 13 - EXEMPLO DE CIRCUITO DE SEGURANÇA CATEGORIA 2 | 22 |
| FIGURA 14 - ARQUITETURA DESIGNADA PARA A CATEGORIA 3 | 23 |
| FIGURA 15 – EXEMPLO DE CIRCUITO DE SEGURANÇA CATEGORIA 3 | 23 |
| FIGURA 16 - ARQUITETURA DESIGNADA PARA A CATEGORIA 4 | 24 |
| FIGURA 17 – EXEMPLO DE CIRCUITO DE SEGURANÇA CATEGORIA 4 | 24 |
| FIGURA 18 – IDENTIFICAÇÃO DA MÁQUINA | 26 |
| FIGURA 19: VISTA FRONTAL | 26 |
| FIGURA 20: VISTA LATERAL DIREITA..... | 27 |
| FIGURA 21: VISTA LATERAL ESQUERDA | 27 |
| FIGURA 22: VISTA TRASEIRA | 27 |
| FIGURA 23: CORREDOR DE CIRCULAÇÃO | 28 |
| FIGURA 24: HRN ARRANJOS FÍSICOS – CONDIÇÃO ORIGINAL DA MÁQUINA | 28 |
| FIGURA 25: HRN ARRANJOS FÍSICOS – APÓS RECOMENDAÇÕES IMPLEMENTADAS..... | 29 |
| FIGURA 26: ÁREA DE OPERAÇÃO | 29 |
| FIGURA 27: ÁREA DE OPERAÇÃO | 30 |
| FIGURA 28: HRN ARRANJOS FÍSICOS – CONDIÇÃO ORIGINAL DA MÁQUINA | 30 |
| FIGURA 29: HRN ARRANJOS FÍSICOS – APÓS RECOMENDAÇÕES IMPLEMENTADAS..... | 31 |
| FIGURA 30: PAINEL DE COMANDO ELÉTRICO..... | 31 |
| FIGURA 31: INSTALAÇÃO PNEUMÁTICA..... | 32 |

| | |
|---|----|
| FIGURA 32: HRN INSTALAÇÕES E DISPOSITIVOS ELÉTRICOS – CONDIÇÃO ORIGINAL DA MÁQUINA | 32 |
| FIGURA 33: HRN INSTALAÇÕES E DISPOSITIVOS ELÉTRICOS – APÓS RECOMENDAÇÕES IMPLEMENTADAS..... | 33 |
| FIGURA 34: BOTÕES DE EMERGÊNCIA E START | 33 |
| FIGURA 35: PAINEL DE COMANDO E OPERAÇÃO | 33 |
| FIGURA 36: HRN DISPOSITIVOS DE PARTIDA, ACIONAMENTO E PARADA – CONDIÇÃO ORIGINAL DA MÁQUINA..... | 34 |
| FIGURA 37: HRN DISPOSITIVOS DE PARTIDA, ACIONAMENTO E PARADA – APÓS RECOMENDAÇÕES IMPLEMENTADAS. | 34 |
| FIGURA 38: VISTA LATERAL ESQUERDA | 35 |
| FIGURA 39: VISTA TRASEIRA | 35 |
| FIGURA 40: VISTA LATERAL DIREITA..... | 36 |
| FIGURA 41: VISTA PANORÂMICA..... | 36 |
| FIGURA 42: HRN SISTEMAS DE SEGURANÇA – CONDIÇÃO ORIGINAL DA MÁQUINA..... | 36 |
| FIGURA 43: HRN SISTEMAS DE SEGURANÇA – HRN APÓS RECOMENDAÇÕES IMPLEMENTADAS..... | 37 |
| FIGURA 44: VISTA FRONTAL | 37 |
| FIGURA 45: VISTA PANORÂMICA..... | 38 |
| FIGURA 46: HRN SISTEMAS DE SEGURANÇA – CONDIÇÃO ORIGINAL DA MÁQUINA..... | 38 |
| FIGURA 47: CORTINA DE LUZ DE SEGURANÇA CATEGORIA 4 COM GRAU DE PROTEÇÃO IP69K. | 39 |
| FIGURA 48 - VÁLVULA DE SEGURANÇA DE LIBERAÇÃO DE PRESSÃO RESIDUAL DUPLA COM DETECÇÃO..... | 40 |
| FIGURA 49: VÁLVULA DE SEGURANÇA PARA ISOLAMENTO DA ENERGIA PNEUMÁTICA | 40 |
| FIGURA 50: HRN SISTEMAS DE SEGURANÇA – HRN APÓS RECOMENDAÇÕES IMPLEMENTADAS..... | 41 |
| FIGURA 51: PAINEL DE COMANDO | 41 |
| FIGURA 52: BOTÃO DE EMERGÊNCIA | 41 |
| FIGURA 53: HRN DISPOSITIVOS DE PARADA DE EMERGÊNCIA – CONDIÇÃO ORIGINAL DA MÁQUINA | 42 |
| FIGURA 54: HRN DISPOSITIVOS DE PARADA DE EMERGÊNCIA – APÓS AS RECOMENDAÇÕES IMPLEMENTADAS..... | 43 |
| FIGURA 55: CHAVE SECCIONADORA | 43 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 56: VÁLVULA DE BLOQUEIO DA ALIMENTAÇÃO DO AR COMPRIMIDO. | 43 |
| FIGURA 57: HRN MANUTENÇÃO, INSPEÇÃO, PREPARAÇÃO, AJUSTES E REPAROS – CONDIÇÃO ORIGINAL DA MÁQUINA | 44 |
| FIGURA 58: HRN MANUTENÇÃO, INSPEÇÃO, PREPARAÇÃO, AJUSTES E REPAROS – APÓS RECOMENDAÇÕES IMPLEMENTADAS. | 44 |
| FIGURA 59: VISTA PANORÂMICA..... | 45 |
| FIGURA 60: SINALIZAÇÃO PAINEL DE COMANDO | 45 |
| FIGURA 61: HRN SINALIZAÇÃO – CONDIÇÃO ORIGINAL DA MÁQUINA..... | 46 |
| FIGURA 62: HRN SINALIZAÇÃO – APÓS RECOMENDAÇÕES IMPLEMENTADAS | 46 |
| FIGURA 63 – QUADRO RESUMO..... | 47 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|------|---|
| IMAD | Instrutor Multimídia à Distância |
| PL | <i>Performance Level</i> – Nível de Performance |
| MTE | Ministério do Trabalho e Emprego |
| CLT | Consolidação das Leis do Trabalho |
| HRN | <i>Hazard Rating Number</i> – Número de Avaliação de Riscos |
| EC | <i>European Communities</i> – Comunidades Europeias |
| ISO | <i>International Organization for Standardization</i> |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| NBR | Norma Brasileira Registrada |
| NR | Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho |
| GS | Grau de Severidade de Dano |
| FE | Frequência e Duração da Exposição |
| PO | Probabilidade de Ocorrer |
| NP | Número de Pessoas Expostas ao Risco |
| PFH | Probabilidade de Falha Perigosa por Hora |
| SIL | <i>Safety Integrity Level</i> - Nível de Integridade da Segurança |

SUMÁRIO

| | | |
|---------|---|----|
| 1. | INTRODUÇÃO | 10 |
| 1.1 | OBJETIVO | 11 |
| 1.2 | JUSTIFICATIVA | 11 |
| 2. | REVISÃO DA LITERATURA | 11 |
| 2.1 | OBRIGAÇÕES LEGAIS | 11 |
| 2.2 | AValiação DE RISCOS | 12 |
| 2.3 | PARÂMETROS USADOS EM AVALIAÇÃO DE RISCO | 14 |
| 2.3.1 | SEVERIDADE (S) | 14 |
| 2.3.2 | FREQUENCIA E DURAÇÃO DE EXPOSIÇÃO (Fe) | 15 |
| 2.3.3 | PROBABILIDADE DE OCORRER (Po) | 15 |
| 2.3.4 | NÚMERO DE PESSOAS EXPOSTAS AO RISCO (Np) | 16 |
| 2.3.5 | NÍVEL DE RISCO (HRN) | 16 |
| 2.4 | USO DE VALORES CARACTERÍSTICOS DETERMINADOS EM TERMOS DE SEGURANÇA | 17 |
| 2.4.1 | Gráfico de risco para determinar PLr requerido para uma função de segurança específica | 18 |
| 2.5 | SISTEMAS DE CONTROLE E CATEGORIAS DE SEGURANÇA | 19 |
| 2.5.1 | CATEGORIA B | 19 |
| 2.5.2 | CATEGORIA 1 | 20 |
| 2.5.3 | CATEGORIA 2 | 21 |
| 2.5.4 | CATEGORIA 3 | 23 |
| 2.5.5 | CATEGORIA 4 | 24 |
| 3. | MATERIAIS E MÉTODOS | 25 |
| 4. | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 26 |
| 4.1 | ANÁLISE DE RISCOS E PROPOSTAS PARA ADEQUAÇÃO DA MÁQUINA PRENSA MOLDADORA | 26 |
| 4.1.1 | IDENTIFICAÇÃO DA MÁQUINA | 26 |
| 4.1.2 | ARRANJO FÍSICO E INSTALAÇÕES | 28 |
| 4.1.2.1 | – CORREDOR DE ACESSO | 28 |
| 4.1.2.2 | – ÁREA DE OPERAÇÃO | 29 |
| 4.1.3 | INSTALAÇÕES E DISPOSITIVOS ELÉTRICOS | 31 |
| 4.1.4 | DISPOSITIVOS DE PARTIDA, ACIONAMENTO E PARADA | 33 |
| 4.1.5 | SISTEMAS DE SEGURANÇA | 35 |
| 4.1.5.1 | – VISTAS TRASEIRA E LATERAIS DIREITA E ESQUERDA | 35 |
| 4.1.5.2 | – VISTA FRONTAL | 37 |
| 4.1.6 | DISPOSITIVOS DE PARADA DE EMERGÊNCIA | 41 |

| | |
|---|----|
| 4.1.7 MANUTENÇÃO, INSPEÇÃO, PREPARAÇÃO, AJUSTES E | |
| REPAROS..... | 43 |
| 4.1.8 SINALIZAÇÃO | 45 |
| 4.1.9 MANUAIS | 46 |
| 4.2 QUADRO RESUMO..... | 47 |
| 4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 47 |
| 5. CONCLUSÕES | 48 |
| REFERÊNCIAS | 49 |

1. INTRODUÇÃO

Prensas são máquinas muito utilizadas nos processos produtivos e são responsáveis por um grande número de acidentes do trabalho. Sempre existiu uma preocupação muito grande no uso e operação das máquinas do tipo prensa e seus similares. Diversos mecanismos foram criados ao longo do tempo, no sentido do aumento da produtividade e na segurança da operação.

Segundo dados estatísticos da Previdência Social de 2013, a Taxa de incidência específica para acidentes do trabalho típicos no Brasil nas empresas do grupo 25 do CNAE (fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos) é de 571,96. Ou seja, a razão entre o número de novos acidentes do trabalho típicos a cada ano e a população exposta ao risco de sofrer algum tipo de acidente X 1000. Este indicador nos mostra a importância da adequação à segurança coletiva das máquinas e equipamentos neste ramo de atividade econômica.

No dia 17 de dezembro de 2010 foi publicada a portaria n. 197, que altera a Norma Regulamentadora n. 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos, aprovada em 1978. Reformulada com o principal objetivo de reduzir os acidentes do trabalho na operação de máquinas e equipamentos industriais, tornam os requisitos, avaliações, adequações e parâmetros de segurança consideravelmente mais rigorosos.

A norma traz informações e premissas já consagradas em segurança de máquinas, determinando as diretrizes necessárias desde o projeto até o seu sucateamento. Também traz as medidas para adequação das máquinas já instaladas e em funcionamento, além de apontar a necessidade de informação e capacitação dos trabalhadores, com informações mais claras sobre o que é necessário, com um conceito de atualização contínua.

Um dos desafios propostos na nova NR12, foi o estabelecimento de um prazo para regulamentação dos itens que tiveram alterações. Para os demais itens os prazos não foram estabelecidos, subentendendo-se que já deveriam estar regularizados (MORAES, 2014).

Este cenário provocou um reajuste nos planos e a necessidade de investimentos em máquinas mais modernas e seguras, por parte das empresas. Alguns processos concebidos sob conceitos ultrapassados, tiveram que ser revistos.

As empresas precisaram avaliar e decidir entre a substituição de suas máquinas ultrapassadas por processos e equipamentos mais modernos ou a adequação às normas vigentes, dentro dos prazos estabelecidos.

1.1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é a análise de riscos e proposta de adequação às exigências e diretrizes estabelecidas na NR12 de uma Máquina Prensa Moldadora, instalada e em operação em uma grande indústria multinacional.

1.2 JUSTIFICATIVA

A motivação para a elaboração deste trabalho foi o desafio da adequação ao uso seguro de uma máquina construída na década de 1950, projetada sob conceitos e diretrizes que visavam somente a produtividade. As limitações impostas pelo processo produtivo e agressividade do ambiente, aliado à necessidade de grandes investimentos tornaram o desafio ainda maior.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 OBRIGAÇÕES LEGAIS

O Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) determina e orienta os procedimentos obrigatórios relacionados à segurança e medicina do trabalho no Brasil e as Normas Regulamentadoras são os instrumentos legais utilizados. Elas determinam as obrigações legais das empresas com relação à saúde e segurança do trabalho. São de observância obrigatória por empresas privadas ou públicas regidas pela Consolidação das Leis de Trabalho (CLT) no Brasil. O descumprimento das disposições legais e regulamentares poderá resultar em notificação, autuação, interdição ou embargo de máquinas, setores específicos ou do estabelecimento completo.

No Brasil, a Norma Regulamentadora NR12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos e seus anexos definem as diretrizes desde o projeto, operação, manutenção até o sucateamento de máquinas, dispositivos e

equipamentos, estabelecendo os requisitos mínimos para prevenção de acidentes e doenças do trabalho. As demais Normas Regulamentadoras – NR aprovadas pela portaria n. 3.214, de 8 de junho de 1978 e as normas técnicas oficiais também devem ser seguidas em todos os seus dispostos e na falta ou omissão destas, as normas internacionais aplicáveis.

As Normas publicadas pelo Ministério do Trabalho e Emprego nem sempre abordam todos os detalhes e aspectos técnicos mais relevantes. Em alguns casos estão defasadas ou desatualizadas, ou com uma abordagem muito generalizada. Em outros, se apoiam em outras normas mais técnicas, como ABNT e as Normas Internacionais (Dragoni, 2011).

A Diretriz Europeia de Máquinas 2006/42/EC tem o objetivo de harmonizar os requisitos de segurança aplicáveis às máquinas, enquanto assegura a circulação livre de máquinas no mercado da Comunidade Europeia. Estipula que as máquinas não devem representar um risco (avaliação de risco de acordo com EN ISO 14121-1 anteriormente EN 1050). Dado que não há risco zero na tecnologia, o objetivo é alcançar um risco residual aceitável. Se a segurança é dependente dos sistemas de controle, esses devem ser projetados para que a probabilidade de erros funcionais seja suficientemente baixa.

2.2 AVALIAÇÃO DE RISCOS

O procedimento de avaliação de riscos é descrito com os seus requisitos de saúde e segurança essenciais relacionados ao projeto e construção das máquinas.

O fabricante de máquinas ou seu representante autorizado deve assegurar que a avaliação de risco determine os requisitos de saúde e segurança que serão aplicados às máquinas. As máquinas devem ser projetadas e construídas levando em consideração os resultados da avaliação de risco.

Pelo processo iterativo de avaliação e redução de risco o fabricante ou seu representante autorizado deve determinar os limites das máquinas, identificar perigos que podem ser gerados pelas máquinas e situações associadas ao perigo, estimar e avaliar os riscos e por fim, eliminar os perigos ou reduzir os riscos associados aos perigos por aplicação de medidas protetoras.

A abordagem seguida durante a redução de riscos deve a princípio definir os limites da máquina, como tipo, função e capacidade. Determinar todas as áreas

perigosas com a identificação dos perigos. Caso aplicável, as normas específicas da máquina analisada (Normas do tipo C). Os Riscos devem ser estimados de acordo com o apontado na ABNT NBR ISO 12100:2013 e a análise de riscos realizada e caso necessário a minimização de risco de acordo com a seguinte sequencia, que deve ser observada:

Passo 1- Segurança inerente através de projetos e medidas construtivas;

Passo 2- Medidas técnicas protetoras;

Passo 3 - Medidas informativas.

Passo 4 - Documentação de resultados.

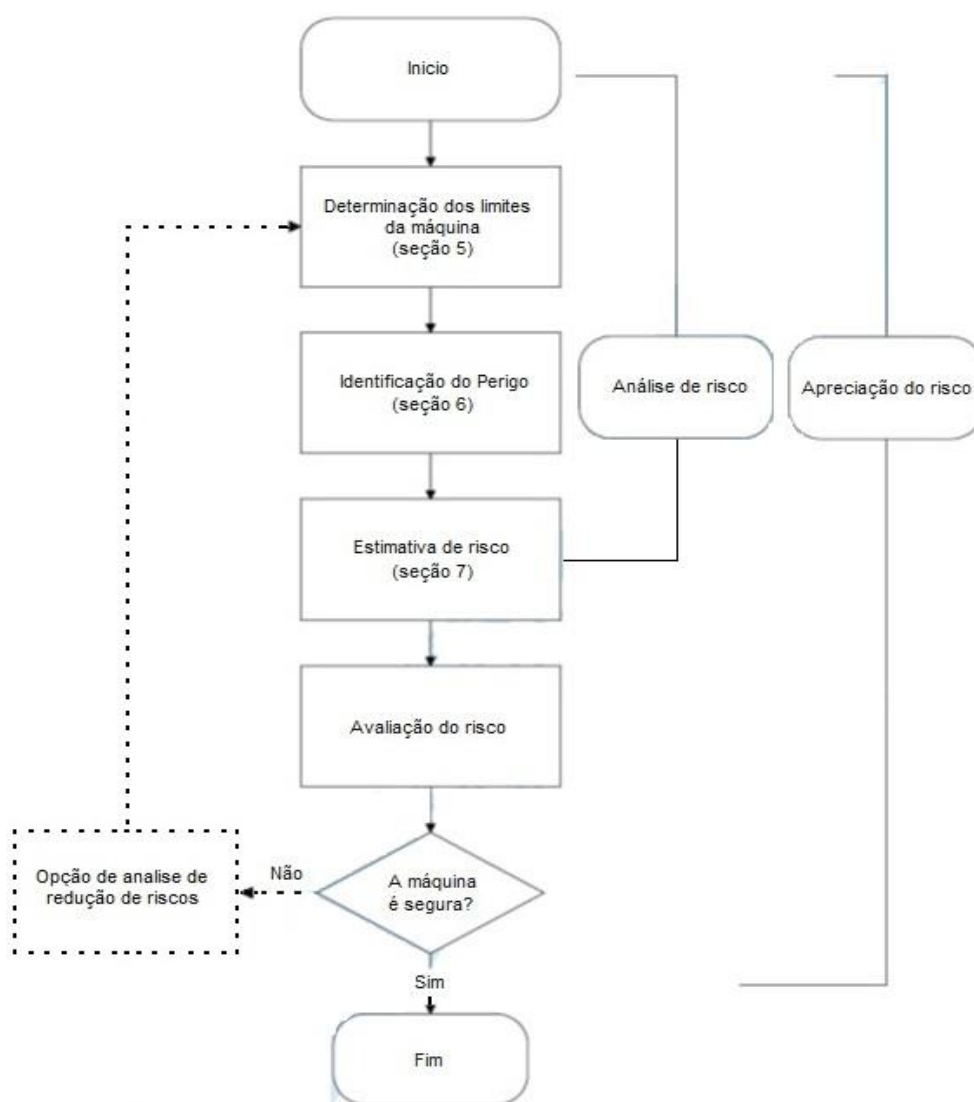


Figura 1 - Visão geral de avaliação e redução de riscos

Fonte: EN ISO 12100:2013

As possíveis eventualidades em uma máquina são identificadas através da EN ISO 12100-1 (antigamente EN 292-1) e EN ISO 12100-2 (antiga EN 292-2). Este padrão especifica princípios de diretrizes técnicas, a fim de dar suporte para projetos de máquinas seguras.

2.3 PARÂMETROS USADOS EM AVALIAÇÃO DE RISCO

Segundo Lapa e Goes (2011, p. 43) “uma das condições essenciais para se melhorar o desempenho de uma empresa em qualquer das suas dimensões, especialmente a dimensão ocupacional, é a definição de variáveis apropriadas que representem as características daquela dimensão”.

De acordo com a EN 62061:2005 + Corr. 2:2008 e o método *Hazard Rating Number (HRN)*, a estimativa de risco deve ser feita para cada perigo individual por determinação dos seguintes parâmetros de risco:

2.3.1 SEVERIDADE (S)

Severidade de ferimento ou danos à saúde pode ser estimada levando em consideração ferimentos reversíveis, ferimentos irreversíveis e morte. A escolha do valor apropriado de severidade deve ter como base as consequências de um ferimento, onde:

| Grau de Severidade de dano (GS) | |
|--|------|
| Danos Possíveis | Peso |
| Contusão / Arranhão Leve | 0,1 |
| Dilaceração / Doenças Leves/Moderadas | 0,5 |
| Fratura / Enfermidade Leve (T) | 1 |
| Fratura / Enfermidade Grave (P) | 2 |
| Perde de 1 Membro / Olho ou Doença Séria (T) | 4 |
| Perda de 2 Membros / Olhos ou Doença Séria (P) | 8 |
| Fatalidade | 15 |

(T) Temporário / (P) Permanente

Figura 2 - Grau de Severidade (GS)

Fonte: Steel, 1990, p. 20.

2.3.2 FREQUENCIA E DURAÇÃO DE EXPOSIÇÃO (Fe)

Para determinar o nível de exposição deverá ser considerado a necessidade de acesso à zona de perigo com base em todos os modos de uso, como operação normal e manutenção. O acesso natural como por exemplo, a alimentação de material manual e configurações iniciais. O intervalo médio entre exposições e a média de frequência de acesso devem ser estimados e também a sua duração, por exemplo, > 10 min por acesso. Quando a duração for menor que 10 min, o valor deve ser diminuído ao próximo nível. Isso não se aplica à frequência de exposição ≤ 1 h, que não deve ser diminuída em momento algum.

| Frequência e duração da exposição (Fe) | |
|--|------|
| Método HNR (Fe) | Peso |
| Anualmente | 0,5 |
| Mensalmente | 1 |
| Semanalmente | 1,5 |
| Diariamente | 2,5 |
| Em termos de hora | 4 |
| Constantemente | 5 |

Figura 3 - Frequência e duração de exposição (Fe)

Fonte: Steel, 1990, p. 20.

Se, por exemplo, a frequência de exposição está entre > 1 dia a 2 semanas e a duração é maior que 10 minutos então você usa o valor de 4. Se, no entanto, a duração é menor que 10 minutos então o valor de 3 pode ser usado. Se a frequência da exposição, no entanto é menor ou igual a 1 hora, não podemos mudar o valor.

2.3.3 PROBABILIDADE DE OCORRER (Po)

A probabilidade de acontecer o evento deve ser estimada levando-se em consideração a previsão de comportamento de partes da máquina, as características do comportamento humano, a falta de informação relevante ao perigo.

Para o uso de valores mais baixos da tabela, deve ser evidenciado algumas características positivas, como por exemplo a evidencia do conhecimento e competência de alto nível do usuário aliados a clareza da aplicação.

| Probabilidade de Ocorrer (Po) | |
|-------------------------------|------|
| Método HNR (Po) | Peso |
| Quase impossível | 0,03 |
| Altamente improvável | 1 |
| Improvável | 1,5 |
| Possível | 2 |
| Alguma chance | 5 |
| Provável | 8 |
| Muito provável | 10 |
| Certo | 15 |

Figura 4 - Probabilidade de Ocorrer (Po)

Fonte: Steel, 1990, p. 20.

2.3.4 NÚMERO DE PESSOAS EXPOSTAS AO RISCO (Np)

Para classificar o risco no método HNR, deverá ser inserido o número de pessoas envolvidas na operação da máquina.

| Número de Pessoas Expostas ao Risco (Np) | |
|--|------|
| Método HNR (Np) | Peso |
| 1-2 Pessoas | 1 |
| 3-7 Pessoas | 2 |
| 8-15 Pessoas | 4 |
| 16-50 Pessoas | 8 |
| Mais que 50 pessoas | 12 |

Figura 5 - Número de pessoas expostas ao risco (Np)

Fonte: Steel, 1990, p. 20.

2.3.5 NÍVEL DE RISCO (HRN)

No método HRN (*Hazard Rating Number*), ou seja Número de Avaliação de Riscos ou Perigos, os riscos são classificados entre raro a extremo, dando ao risco um valor baseado no produto de diversos fatores e parâmetros. Usado e reconhecido mundialmente, é frequentemente usado na análise de riscos de máquinas. Cada Nível de Risco é classificado de acordo com o valor obtido. Tal valor é calculado utilizando a formula abaixo:

$$\text{HRN} = \text{PO} \times \text{FE} \times \text{GS} \times \text{NP} \quad (1)$$

A classificação é dada através da tabela abaixo:

| Nível de risco HRN | |
|--------------------|--------------|
| Faixa | Risco |
| 0-1 | Aceitável |
| 1-5 | Muito Baixo |
| 5-10 | Baixo |
| 10-50 | Significante |
| 50-100 | Alto |
| 100-500 | Muito Alto |
| 500-1000 | Extremo |
| >1000 | Inaceitável |

Figura 6 - Nível de risco HRN

Fonte: Steel, 1990, p. 20

| DEFINIÇÃO DE CATEGORIAS DE RISCO | |
|----------------------------------|--------------------------|
| Risco Baixo | Mínimo: Categoria 1 |
| Risco Significante | Mínimo: Categoria 2 |
| Risco Alto em diante | Mínimo: Categoria 3 ou 4 |

Figura 7 – Definição de Categorias de Risco

Fonte: Steel, 1990, p. 20

O indicador HRN serve como orientador das ações para a diminuição dos riscos, classificando cada equipamento de acordo com os níveis de riscos a fim de adequá-los conforme normas vigentes.

2.4 USO DE VALORES CARACTERÍSTICOS DETERMINADOS EM TERMOS DE SEGURANÇA

Com relação ao valor de PFH (Probabilidade de falha perigosa por hora), uma relação entre SIL e PL pode ser produzida conforme abaixo:

| Nível de performance de acordo com EN 13849-1 | Média de probabilidade de uma falha perigosa [1/h] | Nível SIL de acordo com EN 62061 |
|---|--|----------------------------------|
| A | $10^{-5} \leq PFH < 10^{-4}$ | Nenhum |
| B | $3 \times 10^{-6} \leq PFH < 10^{-5}$ | 1 |
| C | $10^{-6} \leq PFH < 3 \times 10^{-6}$ | 1 |
| D | $10^{-7} \leq PFH < 10^{-6}$ | 2 |
| E | $10^{-8} \leq PFH < 10^{-7}$ | 3 |

Figura 8 – Comparação entre nível de performance e nível de integridade de segurança

Fonte: Rockwell Automation, 2016

2.4.1 Gráfico de risco para determinar PLr requerido para uma função de segurança específica

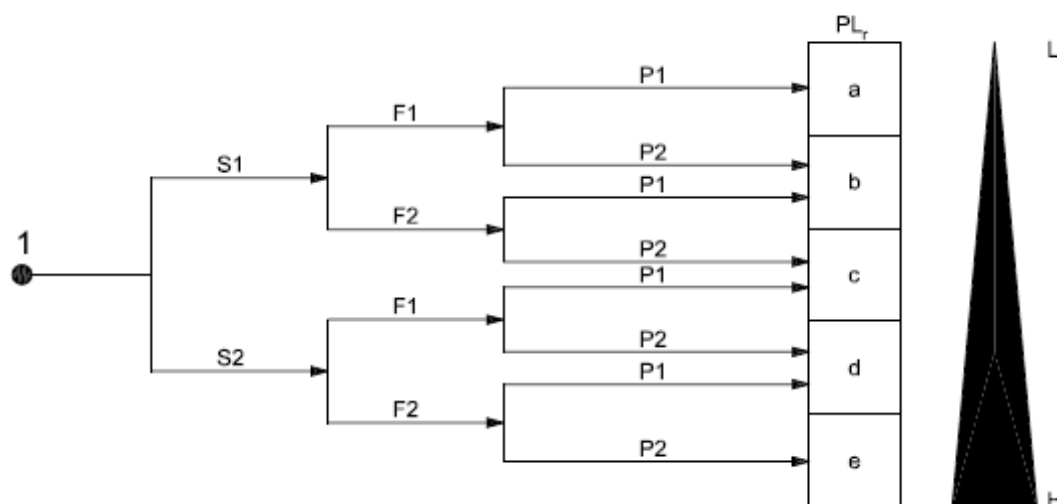


Figura 9 - Arquitetura designada para verificação do PLr

Fonte: EN ISO 13849-1:2006

Chaves:

- 1 Ponto de partida para avaliação de ponto de contribuição de função de Segurança ou redução de risco.
- L baixa contribuição para redução de risco.
- H alta contribuição para redução de risco.
- PLr nível de performance requerido.

Parâmetros de risco:

- S severidade de ferimento.
- S1 leve (normalmente ferimento reversível).
- S2 sério (normalmente ferimento irreversível ou morte).
- F frequência e/ou exposição na área de perigo.
- F1 frequente-para-menos-frequente e/ou tempo de exposição é curto.
- F2 frequente-para-contínuo e/ou tempo de exposição é longo.
- P possibilidade de evitar o dano ou limitar o dano.

- P1 possíveis condições sub-específicas.
- P2 possivelmente escasso.

2.5 SISTEMAS DE CONTROLE E CATEGORIAS DE SEGURANÇA

Para a concepção de um Sistema de Controle de Segurança alguns princípios estruturais e considerações devem ser observados. A classificação das partes de um sistema de comando é realizada de acordo com a resistência a defeitos e seu comportamento no momento da falha.

De acordo com a norma ABNT NBR 14153 – Segurança de máquinas – Partes de sistemas de comando relacionados à segurança – Princípios gerais para projetos, equivalente à norma EN954-1 – *Safety of machinery – Safety related parts of control systems*, o desempenho de uma parte de um sistema de comando relacionado à segurança é dividido em cinco categorias (B, 1, 2, 3 e 4). Estas categorias de segurança são alcançadas dependendo da confiabilidade do sistema, diretamente relacionada ao seu desempenho com relação à ocorrência de defeitos. De acordo com a combinação dos componentes e equipamentos utilizados e a interligação de suas partes.

Na comunidade internacional a norma EN954-1, foi substituída pela EN ISO 13849-1:2008– *Safety of machinery – safety related parts of control systems*. Os critérios estabelecidos são quantitativos, as partes de um sistema de comando não são divididas em categorias, mas em níveis de performance (PL) de “a” até “e”, sendo que o “PLe” é o mais elevado. No Brasil ainda se adota a categoria de segurança B, 1, 2, 3 e 4 , segundo NBR 14153. Abaixo a definição das categorias:

2.5.1 CATEGORIA B

A Categoria B fornece os requerimentos básicos para qualquer sistema de controle elétrico, pneumático, hidráulico e mecânico, relacionados ou não à segurança. Deve ter seu funcionamento de acordo com o esperado ou projetado, porém não tem medidas especiais para segurança e constitui a base para as outras categorias.

Com relação aos princípios elétricos a seleção, combinação, montagem, arranjos e instalação dos componentes e equipamentos devem ser adequados e

seguir as orientações do fabricante. Devem existir a compatibilidade dos componentes com os níveis de tensão e correntes e suportar as condições ambientais esperadas, como a compatibilidade eletromagnética, vibração e choque, dentre outras. O princípio da desenergização deve ser usado e componentes para proteção transitória instalados, como filtros nas bobinas de contadores e proteção de motores contra sobrecargas. A fiação de aterramento deve atender os padrões elétricos apropriados e todas as proteções instaladas.

2.5.2 CATEGORIA 1

A Categoria 1 determina que o sistema deve atender os requisitos da Categoria B e, além disso, devem ser utilizados componentes comprovados, ou seja, componentes que têm sido utilizados com sucesso em aplicações similares e considerados confiáveis para funções de segurança. Algumas medidas adicionais também devem ser tomadas como aterrar a máquina ou equipamento, sobre dimensionar o dispositivo, aumentar a isolamento para evitar curto-circuito, garantir a abertura do circuito de alimentação e potência no caso de falha. Apesar destas melhorias e cuidados adicionais com relação a Categoria B, uma simples falha pode comprometer a função de segurança.

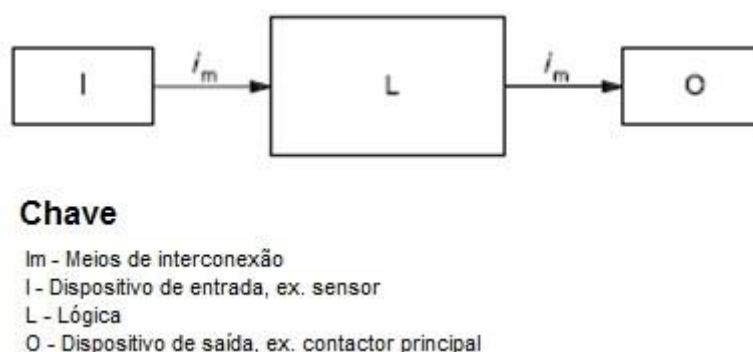


Figura 10 - Arquitetura designada para a categoria 1

Fonte: Rockwell Automation, 2016

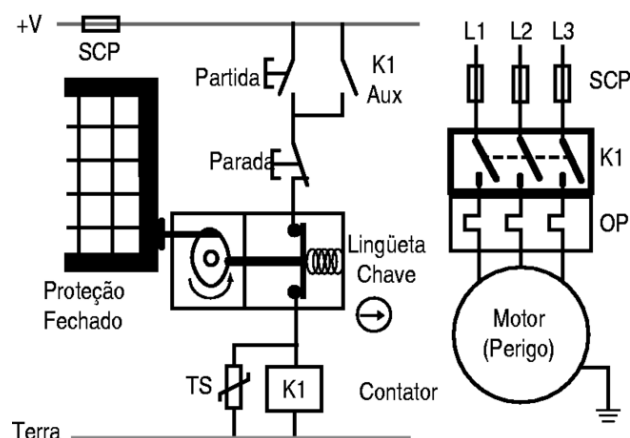


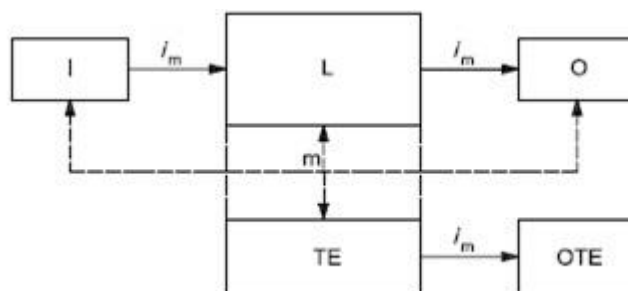
Figura 11- Exemplo de Circuito Simples de Categoria 1

Fonte: Rockwell Automation, 2016

2.5.3 CATEGORIA 2

A Categoria 2 determina que o sistema deve atender os requisitos da Categoria 1 e, além disso, o sistema de segurança deve ser testado para a detecção de falhas em seu controle. A máquina estará apta para executar suas funções caso não existam falhas ou defeitos em seu ciclo monitorado. Caso haja algum tipo de falha na máquina, o equipamento de segurança deverá executar um comando para que a máquina volte ao estado seguro.

A função executada pelo sistema de controle deve ser checada de forma Manual ou automática em cada partida da máquina ou em intervalos de tempo regulares, durante a operação de acordo com o apontado na análise de riscos. Na ocorrência de uma falha, a função de segurança poderá ser perdida, mas deverá ser detectada no próximo evento. Os dispositivos periféricos de entrada e saída são ligados através de um canal simples (monocanal).



Linhas Pontilhadas Representam Detecção de Falhas Razoavelmente Possível

Chave

im - Meios de Interconexão

I - Dispositivo de Entrada, ex.: Sensor

L - Lógica

m - Monitoramento

O - Dispositivo de Saída, ex.: Contator Principal

TE - Equipamento de Teste

OTE - Saída de TE

Figura 12 - Arquitetura designada para a categoria 2

Fonte: Rockwell Automation, 2016

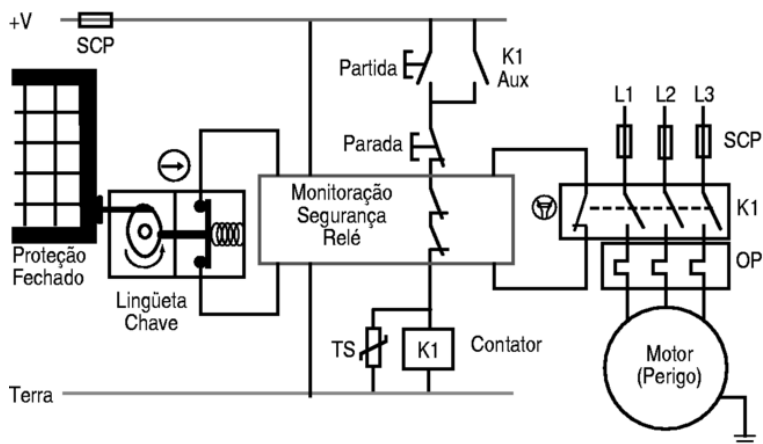
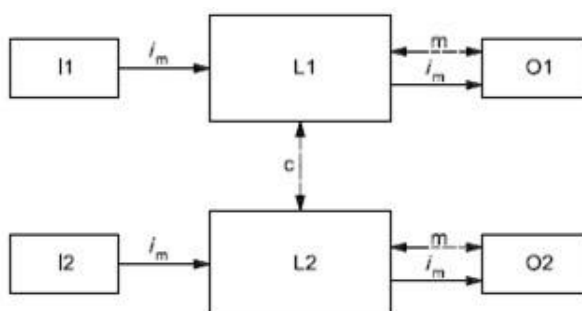


Figura 13 - Exemplo de Circuito de Segurança Categoria 2

Fonte: Rockwell Automation, 2016

2.5.4 CATEGORIA 3

A Categoria 3 determina que o sistema deve atender os requisitos da Categoria 2 e, além disso, a falha deverá ser detectada antes e durante a demanda, sempre que possível. Na ocorrência de um defeito isolado, a função de segurança sempre será cumprida. Parte dos defeitos serão detectados, mas não todos, e o acúmulo de defeitos não detectados poderá levar à perda da função de segurança.



Linhas pontilhadas representam detecção de falhas razoavelmente possíveis.

Chave

im - Meios de Interconexão

c - Monitoramento Cruzado

I1, I2 - Dispositivos de Entrada, ex.: sensor

L1, L2 - Lógica

m - Monitoramento

O1, O2 - Dispositivo de Saída, ex.: contator principal

Figura 14 - Arquitetura designada para a categoria 3

Fonte: Rockwell Automation, 2016

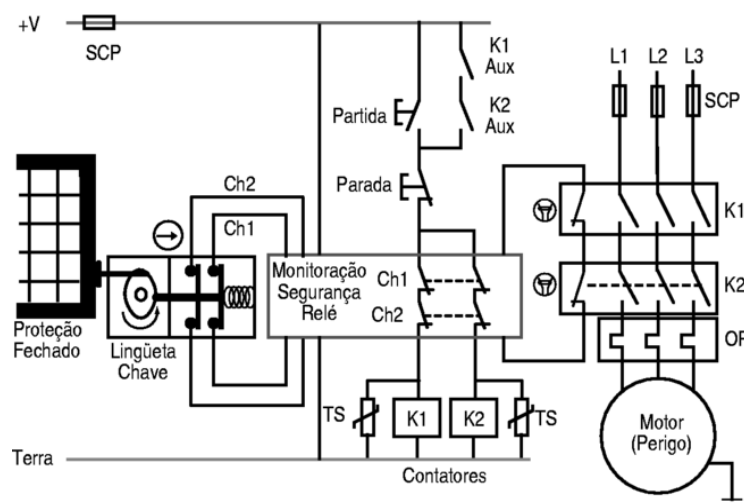


Figura 15 – Exemplo de Circuito de Segurança Categoria 3

Fonte: Rockwell Automation, 2016

2.5.5 CATEGORIA 4

A Categoria 4 determina que o sistema deve atender os requisitos da Categoria 3 e, além disso, a função de segurança deverá ser executada na presença de uma única falha. Diferente da Categoria 3, onde o acúmulo de defeitos não detectados poderá levar à perda da função de segurança, a Categoria 4 exige que a função de segurança não permita que o acúmulo de falhas comprometa sua atuação no circuito de controle. Uma falha isolada será detectada antes ou durante a próxima atuação sobre a função de segurança, como, por exemplo, no momento de ligar o comando e no final do ciclo de operação da máquina. Se essa detecção não for possível, o acúmulo de defeitos não ocasionará à perda das funções de segurança no controle da máquina ou equipamento.

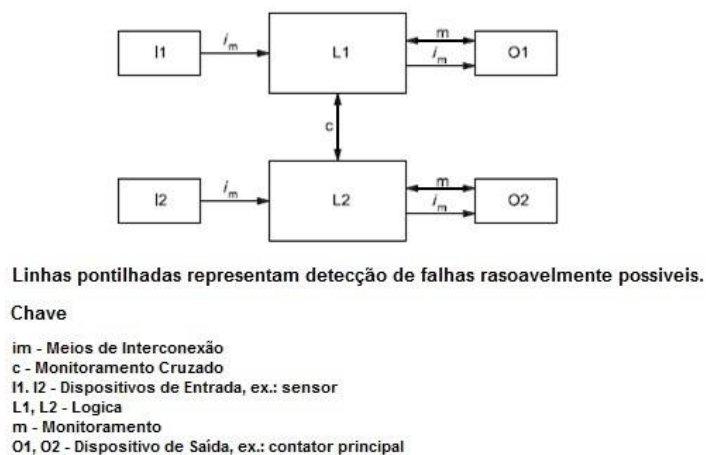


Figura 16 - Arquitetura designada para a categoria 4

Fonte: Rockwell Automation, 2016

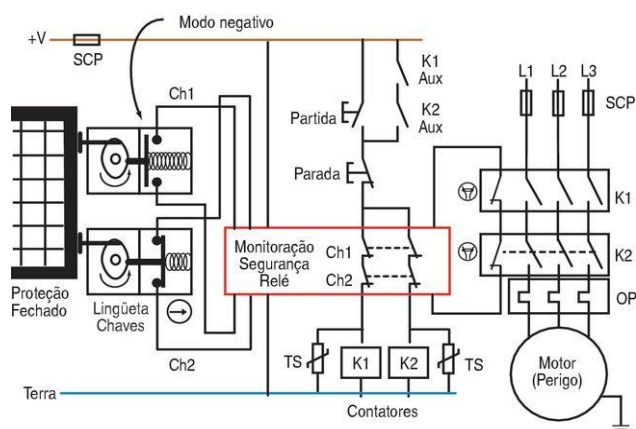


Figura 17 – Exemplo de Circuito de Segurança Categoria 4

(Intertravamento com Lingüeta redundante e modo negativo de operação, com calço mecânico para acionamento de uma das chaves com operação inversa)

Fonte: Rockwell Automation, 2016

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foi realizado um estudo completo e detalhado das normas técnicas vigentes, em especial a Norma Regulamentadora N°12, ABNT NBR ISO 12100:2013 e NBR 14153:2013, além de outras fontes bibliográficas como livros, testes e dissertações.

Através de visitas técnicas realizadas na fábrica, uma grande empresa multinacional do setor de auto-peças localizada na cidade de Itajubá – MG, onde a máquina está instalada e operando, foram coletados todos os dados necessários para a elaboração de um diagnóstico das ações de prevenção de acidentes na operação da Máquina Prensa Moldadora.

Com os dados coletados, processo de produção e operação da máquina estudados, foi realizada uma Análise de Riscos de todos os pontos abordados nas referentes normas. Através deste processo, pode ser identificado a categoria de segurança a ser adotada para a adequação da máquina e apontamento da correção das não conformidades identificadas.

A escolha de medidas de proteção foi realizada levando-se em consideração os riscos envolvidos, a prevenção de acesso às zonas de riscos, previsão de movimentos perigosos, previsão de paradas de emergência, comportamento inercial de elementos móveis, forma de atuação de dispositivos de segurança entre outros.

Identificar os riscos, estabelecer prioridades e desenvolver métodos efetivos de controle e melhoria das condições de segurança e operação da máquina, através de soluções técnicas modernas, viáveis e condizentes com as limitações de *lay-out* e ambiente de trabalho, irão impactar de maneira positiva na redução dos acidentes.

Critérios como robustez em relação às condições operacionais, confiabilidade, prevenção contra burlas e aquisição de dispositivos de segurança certificados são fundamentais em um projeto de proteção de máquinas. Lembrando que, como em qualquer programa, o sucesso da prevenção de acidentes depende de aspectos fundamentais como manutenção, uso das melhores tecnologias disponíveis, treinamento e capacitação do pessoal, provisão de recursos e auditorias periódicas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE DE RISCOS E PROPOSTAS PARA ADEQUAÇÃO DA MÁQUINA PRENSA MOLDADORA

4.1.1 IDENTIFICAÇÃO DA MÁQUINA

| | |
|----------------------|---|
| MÁQUINA | PRENSA MOLDADORA |
| TIPO | PRENSA PNEUMÁTICA |
| FUNÇÃO | Montar moldes para receber metal fundente para a formação de anéis |
| CAPACIDADE | 8000 N |
| IDENTIFICAÇÃO | BP3457 |
| SETOR | FUNDIÇÃO |

Figura 18 – Identificação da Máquina

Fonte: arquivo pessoal

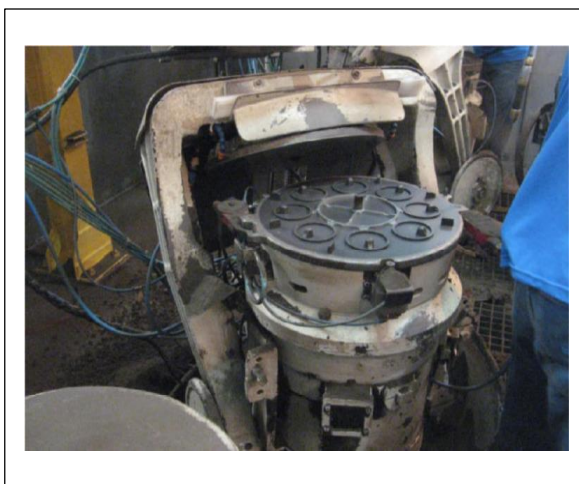


Figura 19: Vista Frontal

Fonte: arquivo pessoal

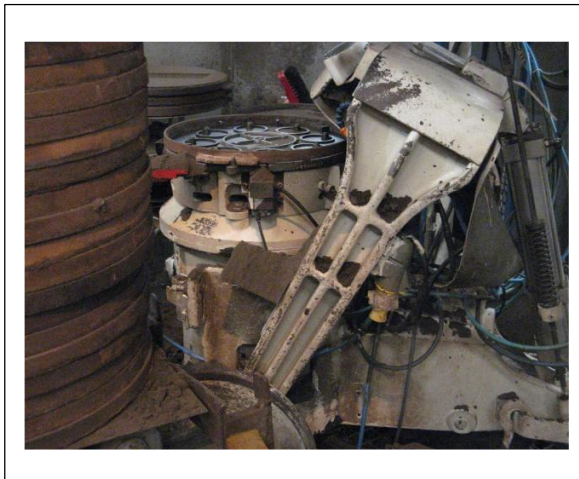


Figura 20: Vista Lateral Direita

Fonte: arquivo pessoal



Figura 21: Vista Lateral Esquerda

Fonte: arquivo pessoal

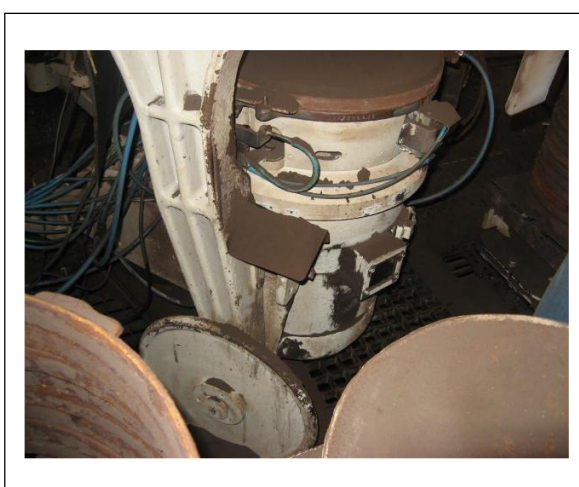


Figura 22: Vista Traseira

Fonte: arquivo pessoal

4.1.2 ARRANJO FÍSICO E INSTALAÇÕES

4.1.2.1 – CORREDOR DE ACESSO



Figura 23: Corredor de Circulação

Fonte: arquivo pessoal

Riscos: Aglomeração em caso de emergência, tumulto

Perigos: Largura da via de circulação abaixo do requerido

Danos: Contusão leve, fratura.

| HRN NA CONDIÇÃO ORIGINAL DA MÁQUINA | | | |
|-------------------------------------|----|------------------------------|----------------------------|
| Probabilidade da Ocorrência (PO) | 2 | Frequência de Exposição (FE) | 2,5 |
| Grau de Severidade (GS) | 4 | Nº de Pessoas Expostas (NP) | 1 |
| HRN (PO x FE x GS x NP) | 20 | Classificação do Risco | BAIXO, PORÉM SIGNIFICATIVO |
| Categoria: 1 | | | |

Figura 24: HRN Arranjos Físicos – Condição Original da Máquina

Fonte: arquivo pessoal

De acordo com o item 12.6 e subitem 12.6.1 da NR 12, nos locais de instalação de máquinas e equipamentos, as áreas de circulação devem ser devidamente demarcadas e em conformidade com as normas técnicas oficiais, e as vias principais de circulação nos locais de trabalho e as que conduzem às saídas devem ter, no mínimo, 1,20 m (um metro e vinte centímetros) de largura.

A largura do corredor de acesso à máquina possui 0,99m (noventa e nove centímetros) e o requerido pela norma é de 1,20 m (um metro e vinte centímetros).

Os resultados de um bom arranjo físico são por demais evidentes, de maneira que o gerenciamento da produção e das condições de trabalho se torna mais fácil (Universidade de São Paulo, 2014).

Devido as limitações de *lay-out*, a utilização do acesso apenas pelo operador da máquina e a classificação do risco ser baixa, recomenda-se a melhoria da identificação do sentido para a saída principal e a manutenção da via limpa e desobstruída.

| HRN APÓS RECOMENDAÇÕES IMPLEMENTADAS | | | |
|--------------------------------------|-------|------------------------------|-------------|
| Probabilidade da Ocorrência (PO) | 0,033 | Frequência de Exposição (FE) | 2,5 |
| Grau de Severidade (GS) | 4 | Nº de Pessoas Expostas (NP) | 1 |
| HRN (PO x FE x GS x NP) | 0,33 | Classificação do Risco | DESPREZÍVEL |

Figura 25: HRN Arranjos Físicos – Após Recomendações Implementadas

Fonte: arquivo pessoal

4.1.2.2 – ÁREA DE OPERAÇÃO



Figura 26: Área de Operação

Fonte: arquivo pessoal

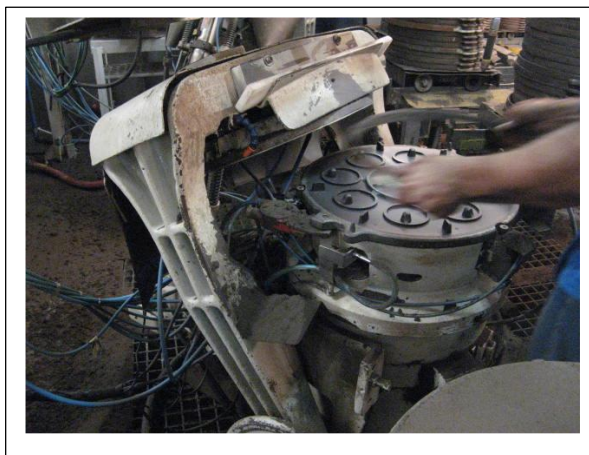


Figura 27: Área de Operação

Fonte: arquivo pessoal

Riscos: Limitação de espaço físico no entorno da máquina.

Perigos: Dificuldade ao evadir-se em caso de emergência

Danos: Contusão leve, fratura.

| HRN NA CONDIÇÃO ORIGINAL DA MÁQUINA | | | |
|-------------------------------------|----|------------------------------|----------------------------|
| Probabilidade da Ocorrência (PO) | 2 | Frequência de Exposição (FE) | 5 |
| Grau de Severidade (GS) | 4 | Nº de Pessoas Expostas (NP) | 1 |
| HRN (PO x FE x GS x NP) | 40 | Classificação do Risco | BAIXO, PORÉM SIGNIFICATIVO |
| Categoria: 1 | | | |

Figura 28: HRN Arranjos Físicos – Condição Original da Máquina

Fonte: arquivo pessoal

De acordo com o item 12.8 e seus subitens 12.8.1 e 12.8.2 da NR 12, os espaços ao redor das máquinas e equipamentos devem ser adequados ao seu tipo e ao tipo de operação, de forma a prevenir a ocorrência de acidentes e doenças relacionados ao trabalho. A distância mínima entre máquinas, em conformidade com suas características e aplicações, deve garantir a segurança dos trabalhadores durante sua operação, manutenção, ajuste, limpeza e inspeção, e permitir a movimentação dos segmentos corporais, em face da natureza da tarefa. As áreas de circulação e armazenamento de materiais e os espaços em torno de máquinas devem ser projetados, dimensionados e mantidos de forma que os trabalhadores e os transportadores de materiais, mecanizados e manuais, movimentem-se com segurança.

A limitação do espaço físico na área de operação das máquinas é devido ao *lay-out* do processo produtivo. Limitado principalmente pelas linhas de alimentação do ferro fundido, instaladas em trilhos automatizados. Apesar da limitação de espaço, os dispositivos de entrada e saída de materiais foram automatizados para melhoria ergonômica na operação da máquina. Devido a necessidade de investimento extremamente alto para as alterações de *lay-out* e a classificação do risco ser baixa, recomenda-se uma melhoria na iluminação e ventilação da área de operação.

Devido a presença de areia no processo, ocorre a formação de poeira. Segundo Torloni e Vieira (2003, p. 146) “uma suspensão de partículas no ar, gerada mecanicamente, constituída por partículas sólidas formadas por uma ruptura mecânica de um sólido”. Para prevenir qualquer efeito danoso sobre o organismo, deve ser realizado um estudo da qualidade do ar respirável, para a correta especificação dos equipamentos de proteção respiratória.

| HRN APÓS RECOMENDAÇÕES IMPLEMENTADAS | | | |
|--------------------------------------|-------|------------------------------|-------------|
| Probabilidade da Ocorrência (PO) | 0,033 | Frequência de Exposição (FE) | 5 |
| Grau de Severidade (GS) | 4 | Nº de Pessoas Expostas (NP) | 1 |
| HRN (PO x FE x GS x NP) | 0,66 | Classificação do Risco | DESPREZÍVEL |

Figura 29: HRN Arranjos Físicos – Após Recomendações Implementadas

Fonte: arquivo pessoal

4.1.3 INSTALAÇÕES E DISPOSITIVOS ELÉTRICOS



Figura 30: Painel de Comando Elétrico

Fonte: arquivo pessoal

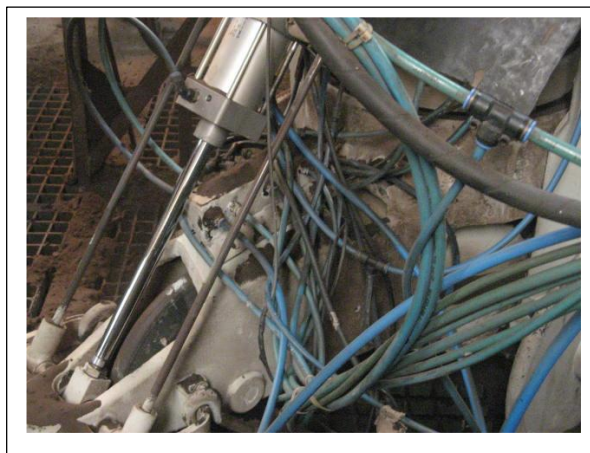


Figura 31: Instalação Pneumática

Fonte: arquivo pessoal

Riscos: Falta de sinalização, rompimento e acesso a cabos elétricos e tubos pneumáticos sob pressão.

Perigos: Acesso de pessoas não autorizadas, curto circuito.

Danos: choque elétrico, eletrocussão, fatalidade.

| HRN NA CONDIÇÃO ORIGINAL DA MÁQUINA | | | |
|-------------------------------------|-----|------------------------------|------|
| Probabilidade da Ocorrência (PO) | 2 | Frequência de Exposição (FE) | 5 |
| Grau de Severidade (GS) | 15 | Nº de Pessoas Expostas (NP) | 1 |
| HRN (PO x FE x GS x NP) | 150 | Classificação do Risco | ALTO |
| Categoria: 4 | | | |

Figura 32: HRN Instalações e Dispositivos Elétricos – Condição Original da Máquina

Fonte: arquivo pessoal

De acordo com o item 12.14 da NR 12, as instalações elétricas das máquinas e equipamentos devem ser projetadas e mantidas de modo a prevenir, por meios seguros, os perigos de choque elétrico, incêndio, explosão e outros tipos de acidentes, conforme previsto na NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Os condutores de alimentação elétrica e os quadros de energia das máquinas e equipamentos devem atender requisitos mínimos de segurança, detalhados nos tópicos 12.17 e 12.18 da referida norma.

O quadro de energia da máquina deve ser sinalizado, seus componentes montados e interligados e os barramentos protegidos de acordo com as determinações da NR 10. Conduzir os cabos no interior de eletrocalhas, eletrodutos e conduítes aumentam a resistência mecânica e proteção contra choques elétricos. Os tubos pneumáticos devem ser protegidos para evitar o efeito chicote, em caso de eventual rompimento.

| HRN APÓS RECOMENDAÇÕES IMPLEMENTADAS | | | |
|--------------------------------------|-------|------------------------------|-------------|
| Probabilidade da Ocorrência (PO) | 0,033 | Frequência de Exposição (FE) | 5 |
| Grau de Severidade (GS) | 15 | Nº de Pessoas Expostas (NP) | 1 |
| HRN (PO x FE x GS x NP) | 2,475 | Classificação do Risco | DESPREZÍVEL |

Figura 33: HRN Instalações e Dispositivos Elétricos – Após Recomendações Implementadas

Fonte: arquivo pessoal

4.1.4 DISPOSITIVOS DE PARTIDA, ACIONAMENTO E PARADA



Figura 34: Botões de Emergência e Start

Fonte: arquivo pessoal

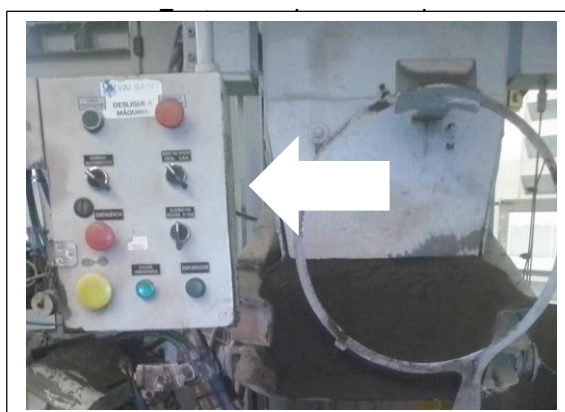


Figura 35: Painel de Comando e Operação

Fonte: arquivo pessoal

Riscos: Acionamento acidental ou involuntário.

Perigos: Agarramento, esmagamento.

Danos: Fratura, luxação, ferimento corto-contuso.

| HRN NA CONDIÇÃO ORIGINAL DA MÁQUINA | | | |
|-------------------------------------|-----|------------------------------|------|
| Probabilidade da Ocorrência (PO) | 8 | Frequência de Exposição (FE) | 5 |
| Grau de Severidade (GS) | 4 | Nº de Pessoas Expostas (NP) | 1 |
| HRN (PO x FE x GS x NP) | 160 | Classificação do Risco | ALTO |
| Categoria: 4 | | | |

Figura 36: HRN Dispositivos de Partida, Acionamento e Parada – Condição Original da Máquina

Fonte: arquivo pessoal

De acordo com o item 12.24 da NR 12, os dispositivos de partida, acionamento e parada das máquinas devem ser projetados, selecionados e instalados de modo que não se localizem em suas zonas perigosas; possam ser acionados ou desligados em caso de emergência por outra pessoa que não seja o operador; impeçam acionamento ou desligamento involuntário pelo operador ou por qualquer outra forma acidental. Não acarretem riscos adicionais e não possam ser burlados. De acordo com o Item 12.32 da referida norma, 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.

Recomenda-se a instalação de comando bimanual com simultaneidade, monitorado por interface de Segurança, em conformidade com os itens 12.26, 12.27, 12.28 e 12.29 da NR 12. Deve ser realizado a instalação adequada do botão de emergência com duplo canal e sinalização apropriada, monitorado por interface de segurança com rearme manual, detalhados no item 3.1.6, mais abaixo.

| HRN APÓS RECOMENDAÇÕES IMPLEMENTADAS | | | |
|--------------------------------------|-------|------------------------------|-------------|
| Probabilidade da Ocorrência (PO) | 0,033 | Frequência de Exposição (FE) | 5 |
| Grau de Severidade (GS) | 4 | Nº de Pessoas Expostas (NP) | 1 |
| HRN (PO x FE x GS x NP) | 0,66 | Classificação do Risco | DESPREZÍVEL |

Figura 37: HRN Dispositivos de Partida, Acionamento e Parada – Após Recomendações Implementadas.

Fonte: arquivo pessoal

4.1.5 SISTEMAS DE SEGURANÇA

4.1.5.1 – VISTAS TRASEIRA E LATERAIS DIREITA E ESQUERDA



Figura 38: Vista Lateral Esquerda

Fonte: arquivo pessoal

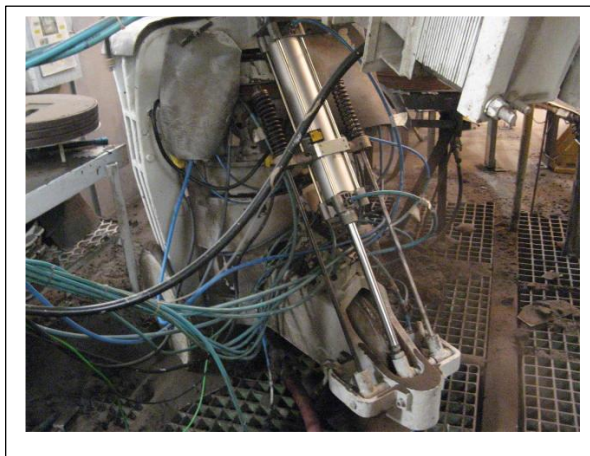


Figura 39: Vista Traseira

Fonte: arquivo pessoal



Figura 40: Vista Lateral Direita

Fonte: arquivo pessoal



Figura 41: Vista Panorâmica

Fonte: arquivo pessoal

Riscos: Peças mecânicas em movimento.

Perigos: Aprisionamento, cisalhamento, esmagamento.

Danos: Amputação, fratura, luxação, ferimento corto-contuso.

| | | | |
|----------------------------------|-----|------------------------------|------|
| Probabilidade da Ocorrência (PO) | 8 | Frequência de Exposição (FE) | 2,5 |
| Grau de Severidade (GS) | 8 | Nº de Pessoas Expostas (NP) | 1 |
| HRN (PO x FE x GS x NP) | 160 | Classificação do Risco | ALTO |
| | | | |

Categoria: 4

Figura 42: HRN Sistemas de Segurança – Condição Original da Máquina

Fonte: arquivo pessoal

O acesso às partes traseira e laterais direita e esquerda da máquina é realizado apenas para a Manutenção e ajustes necessários, também realizados por pessoal autorizado e capacitado para tal função. O operador não tem a necessidade de acesso, por isso é recomendado a instalação de Proteções Fixas, de acordo com os itens 12.38 e 12.41 da NR 12 e em conformidade com a Norma Brasileira ABNT NBR NM ISO 272:2002 – Segurança de Máquinas – Proteções – Requisitos Gerais Para o Projeto e Construção de Proteções Fixas e Móveis.

| HRN APÓS RECOMENDAÇÕES IMPLEMENTADAS | | | |
|--------------------------------------|-------|------------------------------|-------------|
| Probabilidade da Ocorrência (PO) | 0,033 | Frequência de Exposição (FE) | 5 |
| Grau de Severidade (GS) | 6 | Nº de Pessoas Expostas (NP) | 1 |
| HRN (PO x FE x GS x NP) | 0,99 | Classificação do Risco | DESPREZÍVEL |

Figura 43: HRN Sistemas de Segurança – HRN Após Recomendações Implementadas.

Fonte: arquivo pessoal

4.1.5.2 – VISTA FRONTAL



Figura 44: Vista Frontal

Fonte: arquivo pessoal



Figura 45: Vista Panorâmica

Fonte: arquivo pessoal

Riscos: Peças mecânicas em movimento.

Perigos: Aprisionamento, cisalhamento, esmagamento.

Danos: Amputação, fratura, luxação, ferimento corto-contuso.

| HRN NA CONDIÇÃO ORIGINAL DA MÁQUINA | | | |
|-------------------------------------|-----|------------------------------|------|
| Probabilidade da Ocorrência (PO) | 10 | Frequência de Exposição (FE) | 5 |
| Grau de Severidade (GS) | 6 | Nº de Pessoas Expostas (NP) | 1 |
| HRN (PO x FE x GS x NP) | 300 | Classificação do Risco | ALTO |
| Categoria: 4 | | | |

Figura 46: HRN Sistemas de Segurança – Condição Original da Máquina

Fonte: arquivo pessoal

O acesso à parte frontal da máquina é realizado periodicamente pelo operador e não existe nenhum dispositivo de segurança instalado, para evitar o perigo no acesso à zona de risco. Este ponto da máquina requer uma atenção especial pois devido à necessidade de acesso do operador para abastecimento e retirada de material acabado, não é possível a instalação de proteção fixa ou móvel.

A instalação de um dispositivo optoeletrônico de segurança como scanner também não é possível devido as características do ambiente (presença de areia) e à necessidade de acesso do operador no momento da prensagem do molde, processo não automatizado. Também não é possível a instalação de cortinas de luz na área de operação, devido aos mesmos motivos.

Para atender os requisitos de Segurança apontados na NR 12 (em especial os itens 12.38 e 12.42) e as limitações impostas pelo processo e ambiente, recomenda-se a instalação de cortinas de luz de segurança no braço de articulação móvel da máquina. Desta forma não será impedido o acesso e permanência do operador em frente à máquina e sua operação se tornará segura, pois o movimento de prensagem (gerador do risco), será monitorado por dispositivo optoeletrônico de segurança, no caso específico cortinas de luz. Caso os membros superiores do operador ainda estejam na área de risco, o movimento de prensagem do cilindro inferior será impedido pelo dispositivo de Segurança.

Recomenda-se também a aplicação de cortinas de luz com o grau de proteção adequado (IP 69K), devido à presença constante de areia no momento da prensagem. Este dispositivo estará exposto a areia durante todo o processo.



Figura 47: Cortina de Luz de Segurança Categoria 4 com Grau de Proteção IP69K.

Fonte: arquivo pessoal

A instalação deste dispositivo de segurança deve atender a todos os requisitos detalhados na NR-12 - Anexo I – Distâncias de Segurança e Requisitos para o uso de Detectores de Presença Optoeletrônicos e a Norma Brasileira ABNT NBR ISO 13855

– Posicionamento dos equipamentos de proteção com referência à aproximação de partes do corpo humano.

Além do monitoramento do movimento de prensagem realizado pela Cortina de Luz de Segurança, o acionamento do cilindro pneumático deverá ser realizado por Válvula de Segurança Pneumática, em conformidade com a NR 12 item 12.42 e o Anexo VIII – Prensas e Similares, Item 4 - Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos de Comando.



Figura 48 - Válvula de Segurança de Liberação de Pressão Residual Dupla com Detecção de Posição

Fonte: arquivo pessoal

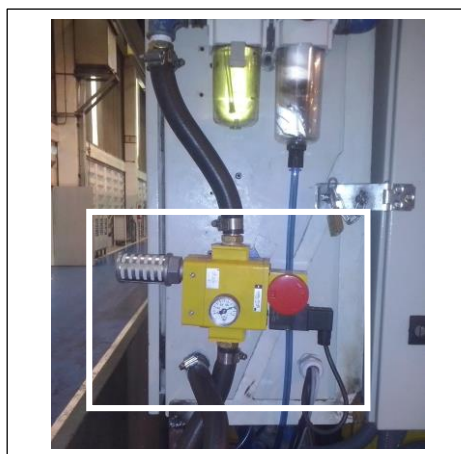


Figura 49: Válvula de Segurança para Isolamento da Energia Pneumática

Fonte: arquivo pessoal

| HRN APÓS RECOMENDAÇÕES IMPLEMENTADAS | | | |
|--------------------------------------|----|------------------------------|----------------------------|
| Probabilidade da Ocorrência (PO) | 1 | Frequência de Exposição (FE) | 5 |
| Grau de Severidade (GS) | 6 | Nº de Pessoas Expostas (NP) | 1 |
| HRN (PO x FE x GS x NP) | 30 | Classificação do Risco | BAIXO, PORÉM SIGNIFICATIVO |

Figura 50: HRN Sistemas de Segurança – HRN Após Recomendações Implementadas.

Fonte: arquivo pessoal

4.1.6 DISPOSITIVOS DE PARADA DE EMERGÊNCIA



Figura 51: Painel de Comando

Fonte: arquivo pessoal



Figura 52: Botão de Emergência

Fonte: arquivo pessoal

Riscos: Máquina não entrar em emergência quando o botão for pressionado.

Perigos: Aprisionamento, cisalhamento, esmagamento.

Danos: Amputação, fratura, luxação, ferimento corto-contuso

| HRN NA CONDIÇÃO ORIGINAL DA MÁQUINA | | | |
|-------------------------------------|-----|------------------------------|------|
| Probabilidade da Ocorrência (PO) | 5 | Frequência de Exposição (FE) | 5 |
| Grau de Severidade (GS) | 6 | Nº de Pessoas Expostas (NP) | 1 |
| HRN (PO x FE x GS x NP) | 150 | Classificação do Risco | ALTO |
| Categoria: 4 | | | |

Figura 53: HRN Dispositivos de Parada de Emergência – Condição Original da Máquina

Fonte: arquivo pessoal

De acordo com o item 12.58 da NR 12, os dispositivos de parada de emergência devem ser selecionados montados e interconectados de forma a suportar as condições de operação previstas, bem como as influências do meio. E conforme o item 12.63, a parada de emergência deve exigir rearme, ou reset manual, a ser realizado somente após a correção do evento que motivou o acionamento da parada de emergência

Além disso devem prevalecer sobre os demais comandos da máquina e monitorados através de interfaces de segurança, conforme também detalhado na referente norma.

Recomenda-se o monitoramento por interface de segurança do botão de emergência instalado na máquina, além da utilização de contato auxiliar para monitoramento do acoplamento do bloco de contato ao botão, evitando assim o risco de desconexão do conjunto sem que o sistema de monitoramento de segurança acuse esta falha. Deverá ser instalado também uma botoeira de emergência adicional, para eventual necessidade de uso por terceiros, além do operador localizado na área de operação, em frente a máquina.

A instalação das botoeiras de emergência deve seguir os requisitos descritos na NR 12 e na Norma Brasileira ABNT NBR 13759:1996 – Segurança de Máquinas – Equipamentos de Parada de Emergência – Aspectos Funcionais – Princípios para Projeto.

| HRN APÓS RECOMENDAÇÕES IMPLEMENTADAS | | | |
|--------------------------------------|-------|------------------------------|-------------|
| Probabilidade da Ocorrência (PO) | 0,033 | Frequência de Exposição (FE) | 5 |
| Grau de Severidade (GS) | 6 | Nº de Pessoas Expostas (NP) | 1 |
| HRN (PO x FE x GS x NP) | 0,99 | Classificação do Risco | DESPREZÍVEL |

Figura 54: HRN Dispositivos de Parada de Emergência – Após as Recomendações Implementadas

Fonte: arquivo pessoal

4.1.7 MANUTENÇÃO, INSPEÇÃO, PREPARAÇÃO, AJUSTES E REPAROS



Figura 55: Chave Seccionadora

Fonte: arquivo pessoal



Figura 56: Válvula de Bloqueio da Alimentação do Ar Comprimido.

Fonte: arquivo pessoal

Riscos: Energia elétrica pode ser ligada inadvertidamente. Não fechar e/ou bloquear o ar comprimido.

Perigos: Aprisionamento, cisalhamento, esmagamento, choque elétrico, eletrocussão.

Danos: Amputação, fratura, luxação, fatalidade.

| HRN NA CONDIÇÃO ORIGINAL DA MÁQUINA | | | |
|-------------------------------------|-------|------------------------------|------|
| Probabilidade da Ocorrência (PO) | 5 | Frequência de Exposição (FE) | 1,5 |
| Grau de Severidade (GS) | 15 | Nº de Pessoas Expostas (NP) | 1 |
| HRN (PO x FE x GS x NP) | 112,5 | Classificação do Risco | ALTO |
| Categoria: 4 | | | |

Figura 57: HRN Manutenção, Inspeção, Preparação, Ajustes e Reparos – Condição Original da Máquina

Fonte: arquivo pessoal

Durante todo os ciclos de Manutenção, Inspeção, Preparação, Ajustes e Reparos alguns cuidados devem ser tomados. Toda intervenção na máquina deve ser realizada por profissionais qualificados ou legalmente habilitados. Devem ser formalmente autorizados pelo empregador e estas intervenções devem ser feitas obrigatoriamente com a máquina parada e desconectada de qualquer fonte de energia. Para que não ocorra uma energização acidental, os dispositivos de secção devem permitir o bloqueio através de dispositivo apropriado, como cadeados por exemplo. A Chave seccionadora elétrica e a válvula de bloqueio pneumático instalados atualmente na máquina, não permitem este bloqueio.

Recomenda-se a instalação de Chave Seccionadora Elétrica com bloqueio mecânico e válvula de bloqueio pneumático, com alívio de pressão residual e bloqueio mecânico de acordo com os detalhes apontados no Item 12.113 da NR 12.

| HRN APÓS RECOMENDAÇÕES IMPLEMENTADAS | | | |
|--------------------------------------|--------|------------------------------|-------------|
| Probabilidade da Ocorrência (PO) | 0,033 | Frequência de Exposição (FE) | 1,5 |
| Grau de Severidade (GS) | 15 | Nº de Pessoas Expostas (NP) | 1 |
| HRN (PO x FE x GS x NP) | 0,7425 | Classificação do Risco | DESPREZÍVEL |

Figura 58: HRN Manutenção, Inspeção, Preparação, Ajustes e Reparos – Após Recomendações Implementadas.

Fonte: arquivo pessoal

4.1.8 SINALIZAÇÃO



Figura 59: Vista Panorâmica

Fonte: arquivo pessoal



Figura 60: Sinalização Painel de Comando

Fonte: arquivo pessoal

Riscos: Ausência de avisos de advertência sobre os riscos existentes

Perigos: Contato com elementos que possam causar acidentes e danos à saúde

Danos: Amputação, fratura, ferimento corto-contuso, luxação.

| HRN NA CONDIÇÃO ORIGINAL DA MÁQUINA | | | |
|-------------------------------------|----|------------------------------|----------------------------|
| Probabilidade da Ocorrência (PO) | 2 | Frequência de Exposição (FE) | 5 |
| Grau de Severidade (GS) | 4 | Nº de Pessoas Expostas (NP) | 1 |
| HRN (PO x FE x GS x NP) | 40 | Classificação do Risco | BAIXO, PORÉM SIGNIFICATIVO |
| Categoria: 2 | | | |

Figura 61: HRN Sinalização – Condição Original da Máquina

Fonte: arquivo pessoal

A sinalização de segurança deve ser instalada em todas as máquinas e equipamentos e deve advertir os trabalhadores e terceiros sobre os riscos a que estão expostos. Deve ficar em destaque e claramente visível e de fácil compreensão, obrigatoriamente em língua portuguesa e os símbolos e inscrições de acordo com as normas técnicas vigentes.

Recomenda-se a instalação da sinalização de acordo com os detalhes apontados na NR 12, entre os itens 12.116 ao 12.123.

| HRN APÓS RECOMENDAÇÕES IMPLEMENTADAS | | | |
|--------------------------------------|-------|------------------------------|-------------|
| Probabilidade da Ocorrência (PO) | 0,033 | Frequência de Exposição (FE) | 5 |
| Grau de Severidade (GS) | 4 | Nº de Pessoas Expostas (NP) | 1 |
| HRN (PO x FE x GS x NP) | 0,66 | Classificação do Risco | DESPREZÍVEL |

Figura 62: HRN Sinalização – Após Recomendações Implementadas

Fonte: arquivo pessoal

4.1.9 MANUAIS

As máquinas e equipamentos devem possuir manual de instruções fornecidos pelo fabricante, com as informações de segurança em todas as suas fases de operação. Como a máquina em questão foi fabricada na década de 1950, os manuais devem ser reconstituídos, sob a responsabilidade de profissional legalmente habilitado e devem conter, no mínimo, as informações previstas nas alíneas “b”, “e”, “f”, “g”, “i”, “j”, “k”, “l”, “m”, “n” e “o” do item 12.128.

4.2 QUADRO RESUMO

| QUADRO RESUMO – LISTA DE PARTES DA MÁQUINA | | | | |
|---|-----|-------|------------------------------|----------|
| Nome da parte | Cat | HRN | Classificação | Conforme |
| Corredor de Acesso | 1 | 20 | Baixo, porém significante | Não |
| Área de Operação | 1 | 40 | Baixo, porém significante | Não |
| Instalações e dispositivos elétricos | 4 | 150 | Alto | Não |
| Dispositivos de Partida, Acionamento e Parada | 4 | 160 | Alto | Não |
| Vistas Traseira e Laterais Direita e Esquerda | 4 | 160 | Alto | Não |
| Vista Frontal | 4 | 300 | Alto | Não |
| Dispositivos de Parada de Emergência | 4 | 150 | Alto | Não |
| Manutenção, inspeção, preparação, ajustes e reparos | 4 | 112,5 | Alto | Não |
| Sinalização | 2 | 40 | Baixo, porém significante | Não |

Figura 63 – QUADRO RESUMO

Fonte: arquivo pessoal

4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As elevadas taxas de acidentes têm provocado ações conjuntas entre os setores público e privado. Isto tem feito com que as empresas busquem adequar suas máquinas e processos às normas vigentes, em busca de uma produção contínua, sustentável e acima de tudo segura. Especialmente a Norma Regulamentadora 12, tem contribuído no Brasil para uma melhoria contínua neste cenário.

Este trabalho descreve com detalhes as medidas de redução de riscos que devem ser adotadas. Foi indispensável a consulta e entendimento das diversas Normas aplicáveis, para uma avaliação e classificação dos riscos encontrados no equipamento e ambiente de trabalho.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho pode mostrar como é possível, através de um estudo de caso detalhado e com o uso de soluções técnicas adequadas, promover a segurança na operação de uma Prensa Moldadora. Máquina construída em uma época em que a segurança do operador não era um ponto importante no projeto.

REFERÊNCIAS

_____. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora Nº 12. 2010. Disponível em: <<http://www.mtps.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR12/NR-12atualizada2015II.pdf>> . Acesso em: 28 dez. 2015.

MORAES, G. Normas regulamentadoras comentadas e ilustradas. 8. ed. Rio de Janeiro: GVC, 2011. 1196 p.

DRAGONI, J. F. Proteções de máquinas, equipamentos, mecanismos e cadeado de segurança. São Paulo: LTR, 2011. 264p.

_____. ABNT NBR ISO 12100:2013. Segurança de máquinas — Princípios gerais de projeto — Apreciação e redução de riscos. Rio de Janeiro, 2013.

LAPA, R.P; GOES, M.L.S. Investigação e Análise de incidentes. 1ª. edição – São Paulo. Edicon, 2011. p. 41-64.

STEEL, Chris. Risk Estimation Thechniques. The Safety & Health Practitioner. 1990

_____. NBR 14153:2013: Segurança de máquinas — Partes de sistemas de comando relacionados à segurança — Princípios gerais para projeto. Rio de Janeiro, 2013.

ROCKWELL AUTOMATION. Considerações sobre a estrutura dos sistemas de controle relacionadas à segurança, 2016. 29 p. Disponível em: <<http://www.ab.com/pt/epub/catalogs/3377539/5866177/3378076/10334651/Caracteristicas-gerais.html>>. Acesso em 04 jan. 2016

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho. Prevenção e Controle de Riscos em Máquinas, Equipamentos e Instalações Parte A – EST 401. Capítulo 9. Página 218. São Paulo, 2014

TORLONI M.; VIEIRA A.V. Manual de Proteção Respiratória. São Paulo. ABHO, 2003. p. 146.