

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

MARCOS HESPANHOL PORTELLA

**ANÁLISE E ADEQUAÇÃO HIDRÁULICA CONFORME
REQUISITOS DA NORMA NR-12 EM PRENSA HIDRÁULICA
VERTICAL DE CATEGORIA 4**

PORTO ALEGRE

2018

MARCOS HESPANHOL PORTELLA

**ANÁLISE E ADEQUAÇÃO HIDRÁULICA CONFORME
REQUISITOS DA NORMA NR-12 EM PRENSA HIDRÁULICA
VERTICAL DE CATEGORIA 4**

Artigo apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Segurança do Trabalho, pelo Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

Orientador: Prof. Ms. Ricardo Lecke

PORTO ALEGRE

2018

ANÁLISE E ADEQUAÇÃO HIDRÁULICA CONFORME REQUISITOS DA NORMA NR-12 EM PRENSA HIDRÁULICA VERTICAL DE CATEGORIA 4

Marcos Hespanhol Portella

Engenheiro Mecânico – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

marcosportella@hotmail.com

Ricardo Lecke

Eng. de Segurança do Trabalho - Universidade do Vale do Rio dos Sinos

leckericardo@gmail.com

Resumo: Este artigo demonstra um estudo de caso realizado em uma prensa hidráulica vertical, com objetivo de apresentar uma solução hidráulica de segurança que atenda aos requisitos da análise de risco do equipamento, a qual enquadra a máquina em categoria 4. Para tanto, se fez uso da norma NR-12, mais especificamente do Anexo VIII, que trata de prensas e máquinas similares. Desta forma, especificou-se um novo circuito hidráulico para a máquina, contendo um bloco de segurança, composto por válvulas monitoradas certificadas e válvula de retenção, garantindo a prevenção efetiva de acidentes referente ao movimento do atuador hidráulico. Conclui-se que os resultados obtidos com a implementação do dispositivo de segurança instalado cumprem com sua finalidade, que é proporcionar segurança ao operador, assegurando em caso de falha a chamada “falha segura”.

Palavras-chave NR-12, adequação, prensa hidráulica, bloco de segurança.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil nas últimas décadas vem se aprimorando cada vez mais no quesito saúde e segurança no trabalho, com a atualização e criação de novas leis e normas regulamentadoras, contidas na Consolidação das Leis do Trabalho (CLT).

No que diz respeito à segurança de máquinas e equipamentos, ocorreu um avanço tecnológico natural, criação de novas normas técnicas nacionais e internacionais e por último a formalização destes novos conceitos na forma de lei,

através do espaço político e das partes interessadas no assunto (empregados, empregadores, fabricantes e governo).

Em 24/12/2010 ocorre a alteração da NR-12 (Segurança do trabalho em máquinas e equipamentos) dada pela Portaria MTE nº 197 de 17/12/2010, composta por 19 títulos, 216 itens e subitens e 11 anexos com 783 itens e subitens.

Junto à evolução das leis e normas trabalhistas também vieram os novos desafios, bem como máquinas obsoletas que devem ser sucateadas, dificuldades de acesso ao crédito por parte dos empresários para troca de máquinas, falta de conhecimento dos empregadores, falta de capacitação dos profissionais de SST, dificuldades no cumprimento de prazos estabelecidos pelo MTE para adequação de máquinas e equipamentos, entre outros. Porém, esta reforma proporcionou uma grande redução dos acidentes em máquinas, redução dos custos previdenciários e do SUS graças às melhorias das condições de segurança nos trabalhos envolvendo máquinas e equipamentos.

O processo de segurança de uma fábrica depende de vários aspectos, bem como maquinário, gestão de manutenção, treinamento, disciplina e gestão de segurança, que deve priorizar em primeiro lugar as medidas de proteção coletivas, seguindo as administrativas ou de organização do trabalho e de proteção individual.

A concepção de máquina deve atender ao princípio da “Falha Segura”, onde na ocorrência de situação de falha técnica e/ou falha humana, relevante à segurança de um sistema e de pessoas, tal sistema deve entrar em um estado seguro através da atuação imediata de dispositivos de segurança específicos, projetados para tal finalidade, de forma a impedir um descontrole do sistema, e conseqüentemente evitar a probabilidade da ocorrência de acidentes com danos pessoais e/ou materiais.

Este artigo demonstra o desenvolvimento da solução hidráulica de segurança adotada para adequação de uma prensa vertical (equipamento muito utilizado em diversos setores da indústria, portanto a motivação para desenvolvimento deste trabalho). No caso em estudo, a prensa tem como finalidade efetuar a montagem de rolamentos em cubos de rodas em uma fábrica do setor automotivo. O equipamento foi classificado por análise de risco como categoria 4, devido ao risco de esmagamento que pode inclusive provocar o óbito de operadores.

O conceito adotado tem por objetivo proporcionar ao equipamento a condição de “Falha Segura”, evitando desta forma a exposição aos riscos de acidentes do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

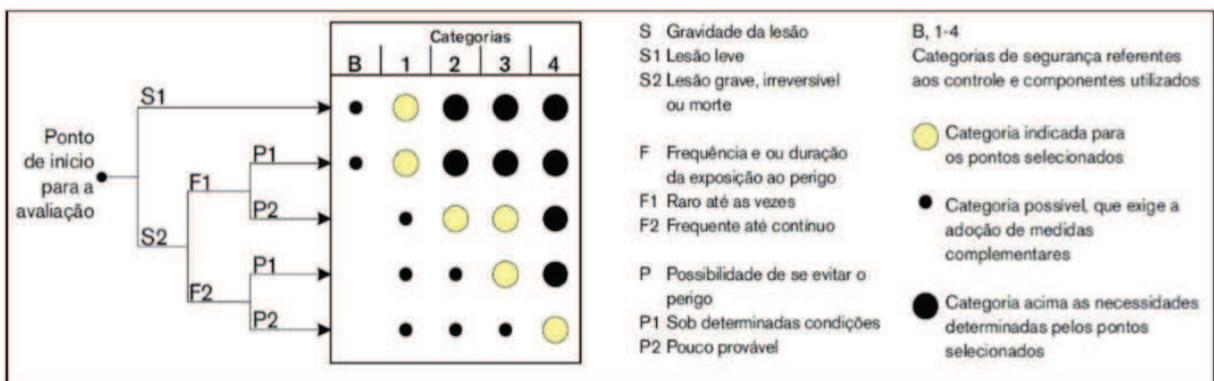
2.1 DEFINIÇÕES

2.1.1 Categorias e Sistemas de Segurança

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

A especificação de sistemas de segurança para máquinas e equipamentos deve sempre atender os requisitos da categoria de segurança conforme estabelecida pela análise de risco prevista nas normas técnicas oficiais vigentes, estar sob a responsabilidade técnica de profissional legalmente habilitado, possuir conformidade técnica com o sistema de comando a que são integrados, instalados de modo que não possam ser neutralizados ou burlados, devem ser mantidos sob vigilância automática, ou seja, monitorados de acordo com a categoria de segurança requerida e paralisarem movimentos perigosos e demais riscos quando ocorrerem falhas ou situações anormais de trabalho.

Figura 1 - Gráfico de Categoria de Segurança



Fonte: NBR 14153: 1998

2.1.2 Válvulas e Blocos de Segurança

Considerados sistemas de segurança, trata-se de dispositivos de proteção ativos aplicados em circuitos com fluidos de baixa ou alta compressibilidade (hidráulicos e pneumáticos) com finalidade de interromper o funcionamento de uma máquina ou processo, quando detectada uma anormalidade operacional com potencial de causar acidente. Devem ser monitorados por interface de segurança (CLP – Controlador Lógico Programável). No caso de prensas hidráulicas o monitoramento das válvulas deve ocorrer de forma dinâmica por meio de interface de segurança e esta deve ser classificada como categoria 4 conforme a norma ABNT NBR 14153 (Item 2.5.3 do Anexo VIII da NR-12).

Blocos hidráulicos de segurança são compostos por válvulas de segurança que podem ser do tipo carretel ou elementos lógicos, com sensores de monitoramento de posição (ou seja, indicam eletronicamente por sensores de posição se estão ou não acionadas) e por um bloco metálico usinado onde as válvulas são montadas, com galerias internas de passagem de fluido, usinadas de forma a compor os caminhos e direcionamentos desejados para o fluido. As válvulas no bloco são montadas em série permitindo que o fluxo principal do fluido possa ser interrompido de forma redundante (Item 2.6.1 do Anexo VIII da NR-12).

As prensas hidráulicas devem possuir válvula de retenção, incorporada ou não ao bloco hidráulico de segurança, para impedir a queda do martelo em caso de falha do sistema hidráulico, sendo que uma das válvulas em redundância referida no item 2.6.1 do Anexo VIII pode também executar a função de válvula de retenção (no caso de utilização de elemento lógico), não sendo exigido neste caso uma válvula adicional para esta finalidade (Item 2.6.4 do Anexo VIII da NR-12). Isto ocorre devido à característica técnica dos elementos lógicos de serem componentes estanques, diferente das válvulas do tipo carretel que possuem como característica técnica um pequeno vazamento entre o corpo da válvula e o “spool” (carretel), havendo nestes casos a necessidade de adição de uma válvula específica de retenção. Atualmente os blocos de segurança disponíveis no mercado pelos principais fabricantes internacionais já possuem a válvula de retenção incorporada.

Quando o circuito hidráulico do sistema equivalente permitir uma intensificação de pressão capaz de causar danos, deve possuir uma válvula de alívio

diretamente operada, bloqueada e travada contra ajustes não autorizados, entre o cilindro hidráulico e a válvula de retenção (Item 2.6.5 do Anexo VIII da NR-12). Esta válvula de alívio é usualmente contemplada em todos os blocos de segurança hidráulicos disponíveis no mercado. Esta possível intensificação da pressão ocorre uma vez que o bloqueio na maioria das vezes se dá no lado da haste do cilindro (lado de MENOR área), ao passo que a alimentação de pressão para que o cilindro se movimente no sentido da prensagem se dá pela parte traseira do mesmo (lado de MAIOR área). Pela equação: $[Força (kg) = Pressão (kgf/cm^2) \times Área (cm^2)]$ pode-se concluir que a pressão necessária resultante do lado da haste para segurar o movimento do cilindro é maior que a pressão imposta na traseira. Desta forma o aumento de pressão é diretamente proporcional a relação de área entre a traseira e dianteira do cilindro.

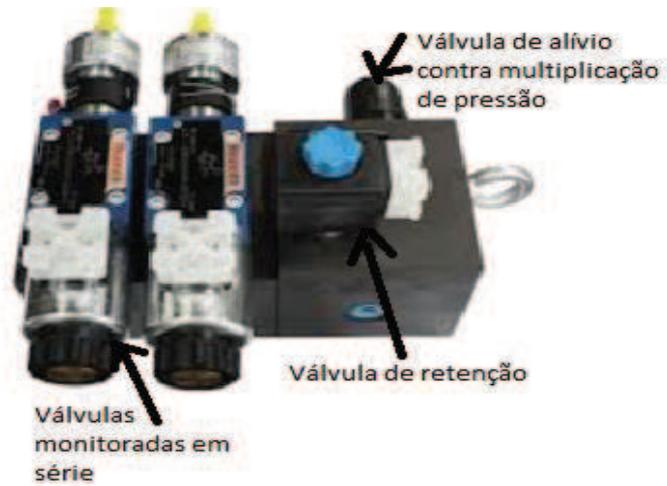
As válvulas de carretel com quatro vias são recomendadas para vazões de até 110 litros/minuto (tamanho nominal até o número 11), acima disso se utiliza válvulas de cartucho com 2 vias, chamadas de elementos lógicos, cujas áreas de passagem de fluido são maiores, comportando vazões de até 1100 litros/minuto (tamanho nominal até o número 50). Tal seleção de tamanho é feita de forma a não prejudicar o desempenho original da máquina, seja ele no quesito força, velocidade e na prevenção da geração de calor (também chamado de “perdas de carga”).

Figura 2 - Válvula Hidráulica de Carretel Monitorada



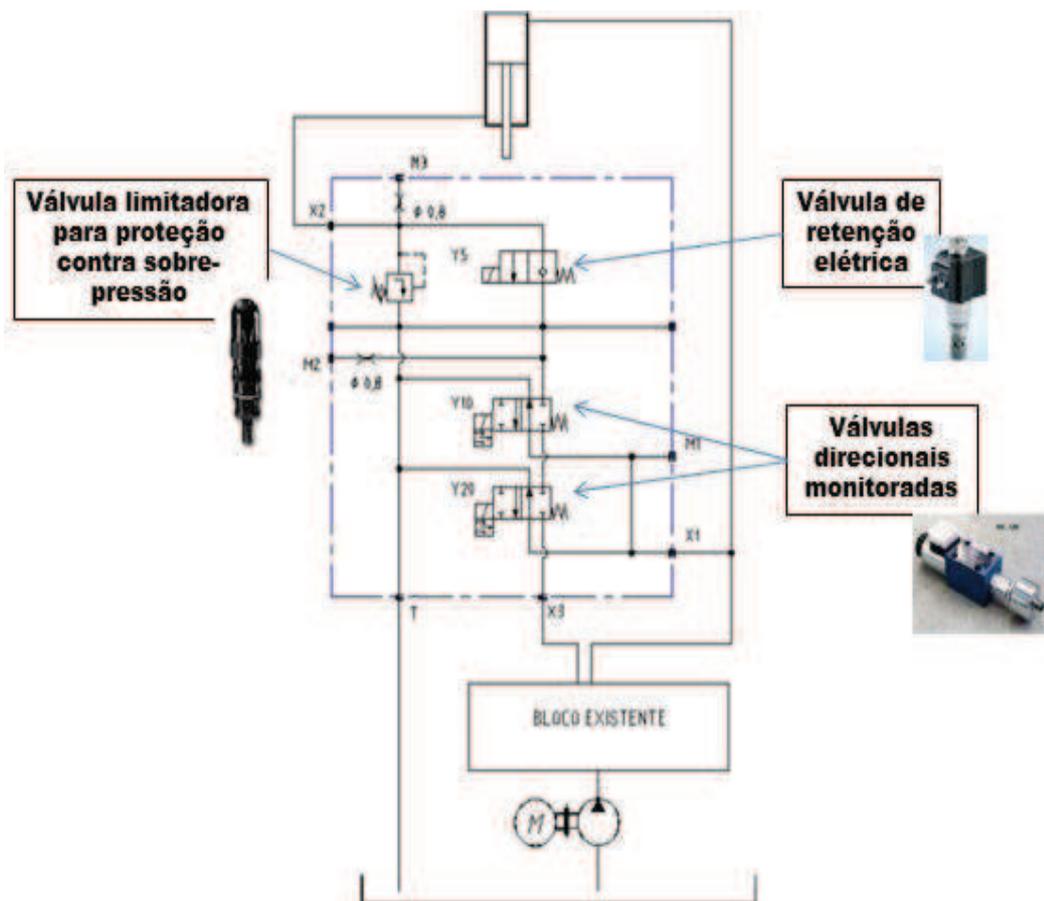
Fonte: BoschRexroth – Válvulas de Segurança Monitoradas

Figura 3 - Bloco Hidráulico de Segurança Categoria 4 com Válvulas de Carretel



Fonte: BoschRexroth – Blocos Hidráulicos de Segurança

Figura 4 - Circuito Hidráulico de Blocos de segurança com válvulas de Carretel – Categoria 4



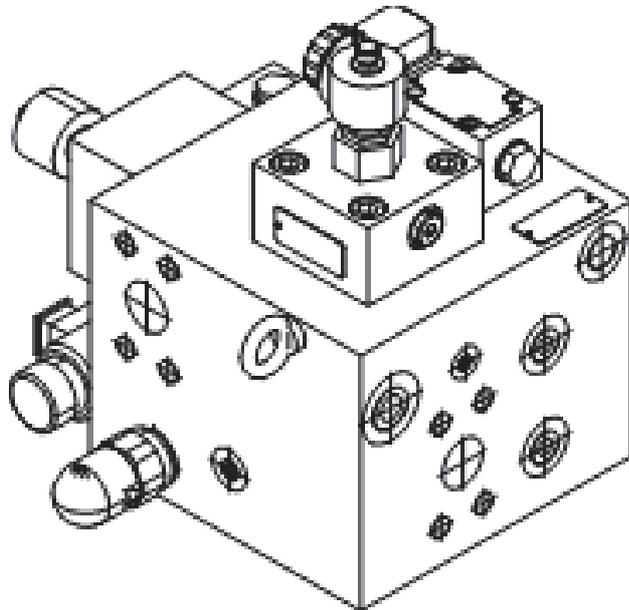
Fonte: BoschRexroth – Blocos Hidráulicos de Segurança

Figura 5 - Elemento Lógico Monitorado



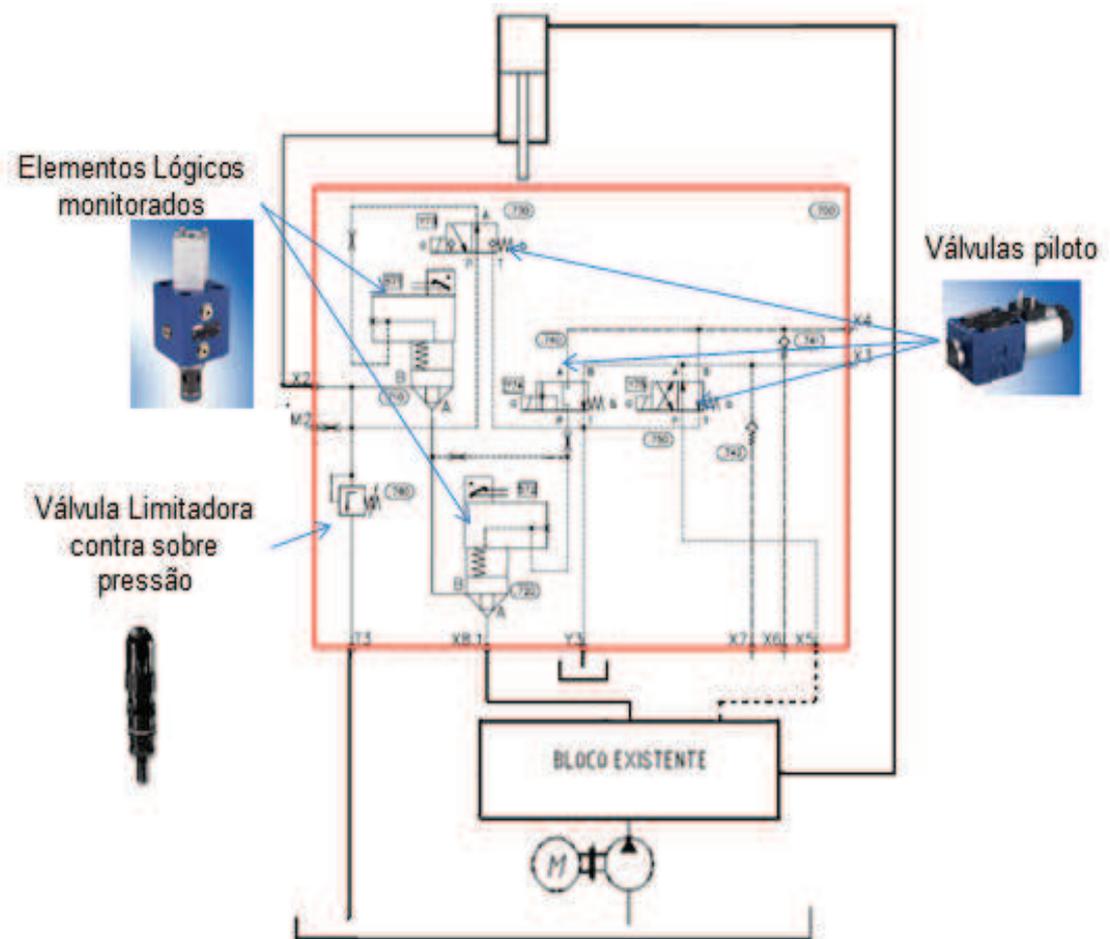
Fonte: BoschRexroth – Válvulas de Segurança Monitoradas

Figura 6 - Bloco Hidráulico de Segurança Categoria 4 com Elementos Lógicos



Fonte: BoschRexroth – Blocos Hidráulicos de Segurança

Figura 7 - Circuito Hidráulico de Blocos de Segurança com Elementos Lógicos – Categoria 4



Fonte: BoschRexroth – Blocos Hidráulicos de Segurança

2.1.3 Componentes Pressurizados

Devem ser adotadas medidas adicionais de proteção das mangueiras, tubulações e demais componentes pressurizados sujeitos a eventuais impactos mecânicos e outros agentes agressivos, quando houver risco. Mangueiras e tubulações devem ser dimensionadas para a vazão e pressão de projeto. Sistemas “anti-chicoteamento” são recomendados para mangueiras submetidas a pressões elevadas e que possam oferecer algum risco de rompimento por fadiga.

Para o caso em estudo, tratando-se de uma prensa vertical e com martelo suspenso pelo cilindro hidráulico, também deve-se atentar à rigidez da tubulação

que liga a tomada de óleo do cilindro hidráulico até o bloco de segurança (onde ocorre o possível bloqueio do fluxo principal). Esta deverá ser construída com tubulação soldada ou flangeada, não sendo permitido por norma a utilização de mangueira (Item 2.6.4.1 do Anexo VIII da NR-12).

3 DIMENSIONAMENTO DO BLOCO DE SEGURANÇA PARA O EQUIPAMENTO EM ESTUDO

Para o dimensionamento do bloco de segurança a ser utilizado na adequação hidráulica da prensa em estudo, será necessário levantar os seguintes dados técnicos do equipamento:

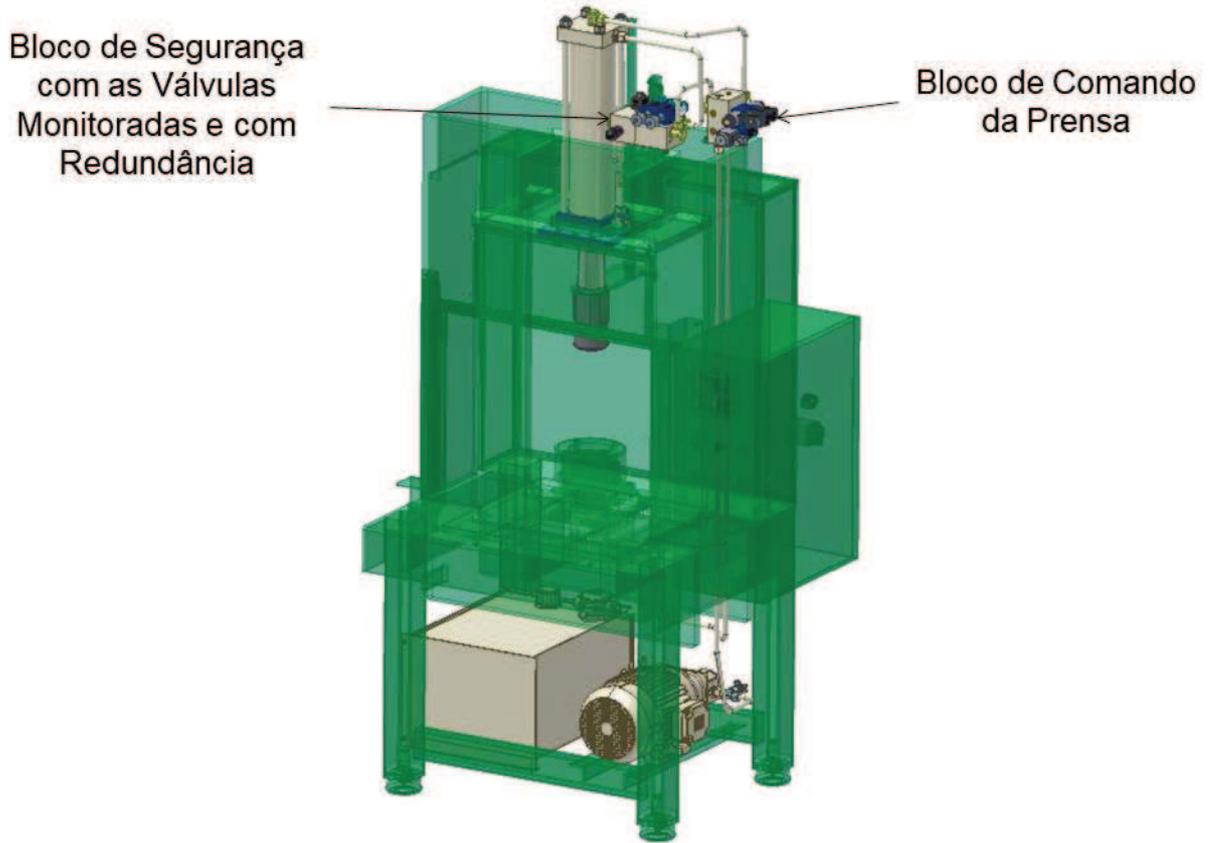
- Dimensões do cilindro hidráulico, bem como suas áreas úteis (dianteira e traseira);
- Velocidade máxima de descida do martelo;
- Velocidade máxima de subida do martelo;
- Pressão de operação do sistema hidráulico;
- Cálculo das vazões envolvidas.

Segue abaixo a planilha de cálculo desenvolvida para obtenção dos dados desejados:

Tabela 1 - Dimensionamento do Bloco de segurança

Cilindro Hidráulico	Fórmulas Utilizadas:
Diâmetro do êmbolo: 100mm	$A = \pi r^2$
Diâmetro da haste: 45mm	$Q \text{ [cm}^3\text{/min]} = A \text{ [cm}^2\text{]} \times V \text{ [cm/min]}$
Área do êmbolo (Ae): 75,5 cm ²	1000 cm ³ = 1 litro
Área da haste (Ah): 15,9 cm ²	
Área da Coroa (Ac) = Ae - Ah: 59,6 cm ²	
Velocidade de descida: 17,6 cm/s	
Velocidade de subida: 22,4 cm/s	
Vazão da bomba: 80 l/min	
Vazão induzida que sai da coroa na descida: 63 l/min	
Vazão induzida que sai do lado do êmbolo na subida: 101,2 l/min	
Pressão de operação do sistema hidráulico: Até 200 kgf/cm ² [bar]	

Figura 7 - Foto da Prensa Hidráulica em Análise



Fonte: Hidrosistemas Automação Industrial

Portanto, a maior vazão envolvida que deverá ser considerada para o dimensionamento do bloco de segurança é a de 80 litros/minuto, que é injetada no lado da haste no momento em que o cilindro estiver recolhendo (subindo). Na descida, a vazão induzida no lado da haste se reduz para 63 litros/minuto, devido a relação de área entre o êmbolo e a coroa ser de aproximadamente 1:1,26. Para o cálculo desta vazão induzida durante a descida, basta dividirmos a vazão que está entrando do lado do êmbolo (80 litros/minuto) pela relação 1,26, resultando nos 63 litros/minuto.

Recomenda-se que o bloco de segurança não gere uma perda de carga superior a 10 bar de pressão, entre a tomada de entrada e saída seja durante o avanço ou o recuo do cilindro hidráulico. Este valor de perda de carga pode variar de acordo com cada projeto, e deverá ser minimizado ao máximo em projetos que envolvam grandes vazões, uma vez que a potência dissipada em forma de calor por esta perda de carga pode ser calculada através da seguinte equação:

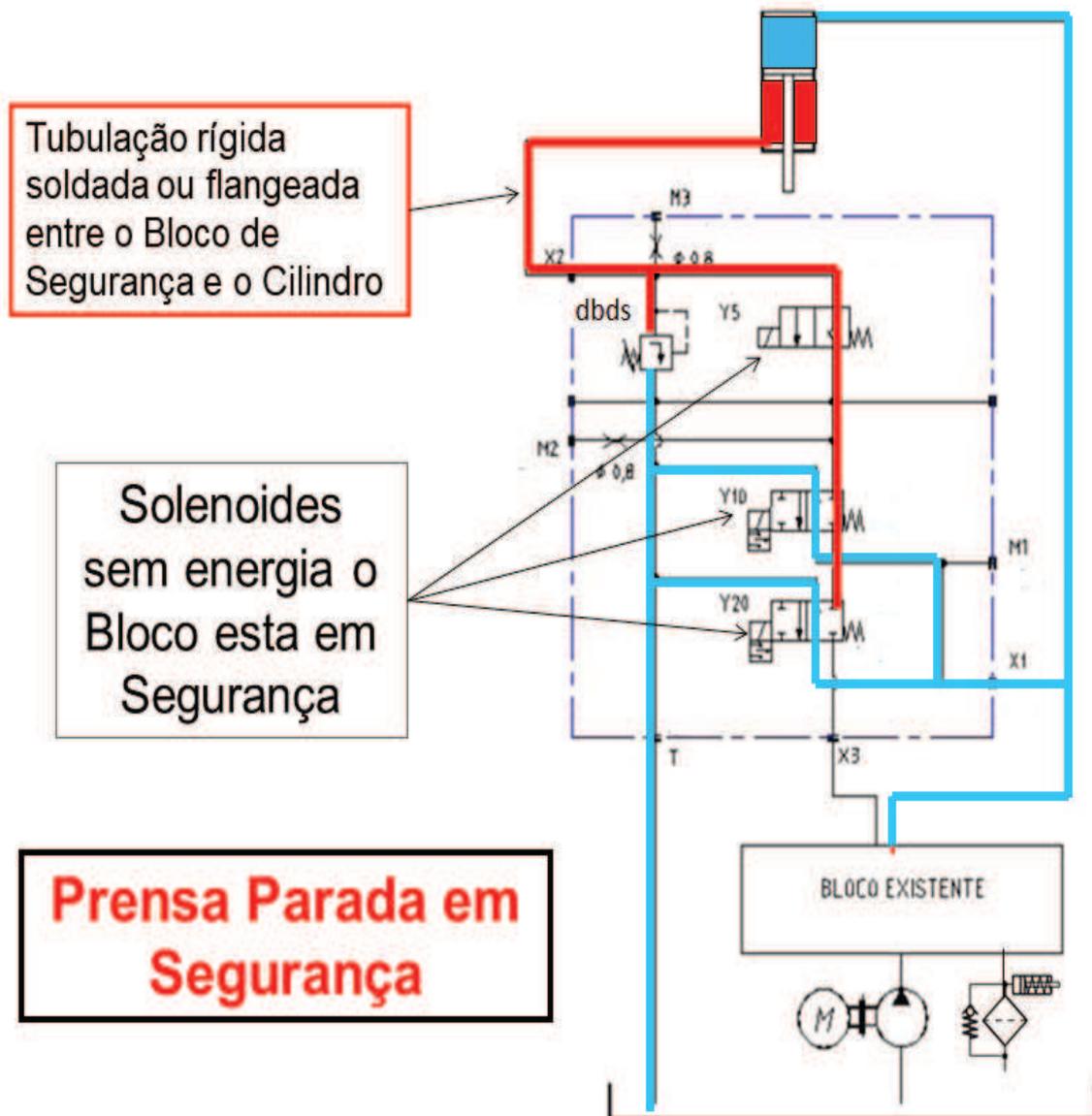
$$\text{Potencia [hp]} = \text{Pressão [bar]} \times \text{Vazão [l/min]} / 456$$
$$1 \text{ hp} \approx 736 \text{ W}$$

Ou seja, a potência dissipada em forma de calor é diretamente proporcional ao aumento de vazão e de pressão que passa pelo bloco de segurança.

Para a vazão de 80 litros/minuto em análise, o bloco de segurança da marca BoschRexroth com tamanho nominal nº10, composto por válvulas monitoradas do tipo carretel, já atenderia a aplicação, gerando uma perda de carga de aproximadamente 9 bar de pressão, ocasionada pelo somatório das três perdas de cargas que ocorrerão em série durante a passagem do fluido pelo bloco. A primeira perda de carga corresponde à passagem pela válvula de retenção (3 bar), a segunda pela primeira válvula de carretel monitorada (3 bar) e a terceira pela segunda válvula de carretel monitorada (3 bar), totalizando os 9 bar.

Segue abaixo o circuito hidráulico do bloco de segurança tamanho 10, representando em vermelho os três sucessivos bloqueios em serie do loco de segurança na parte da coroa do cilindro, e, em azul, as linhas que ficam ligadas à tanque (despressurizadas), no momento em que o bloco se encontra sem alimentação elétrica de comando (situação segura).

Figura 8 - Circuito Hidráulico do Equipamento na Posição de Segurança



Fonte: Hidrosistemas Automação Industrial

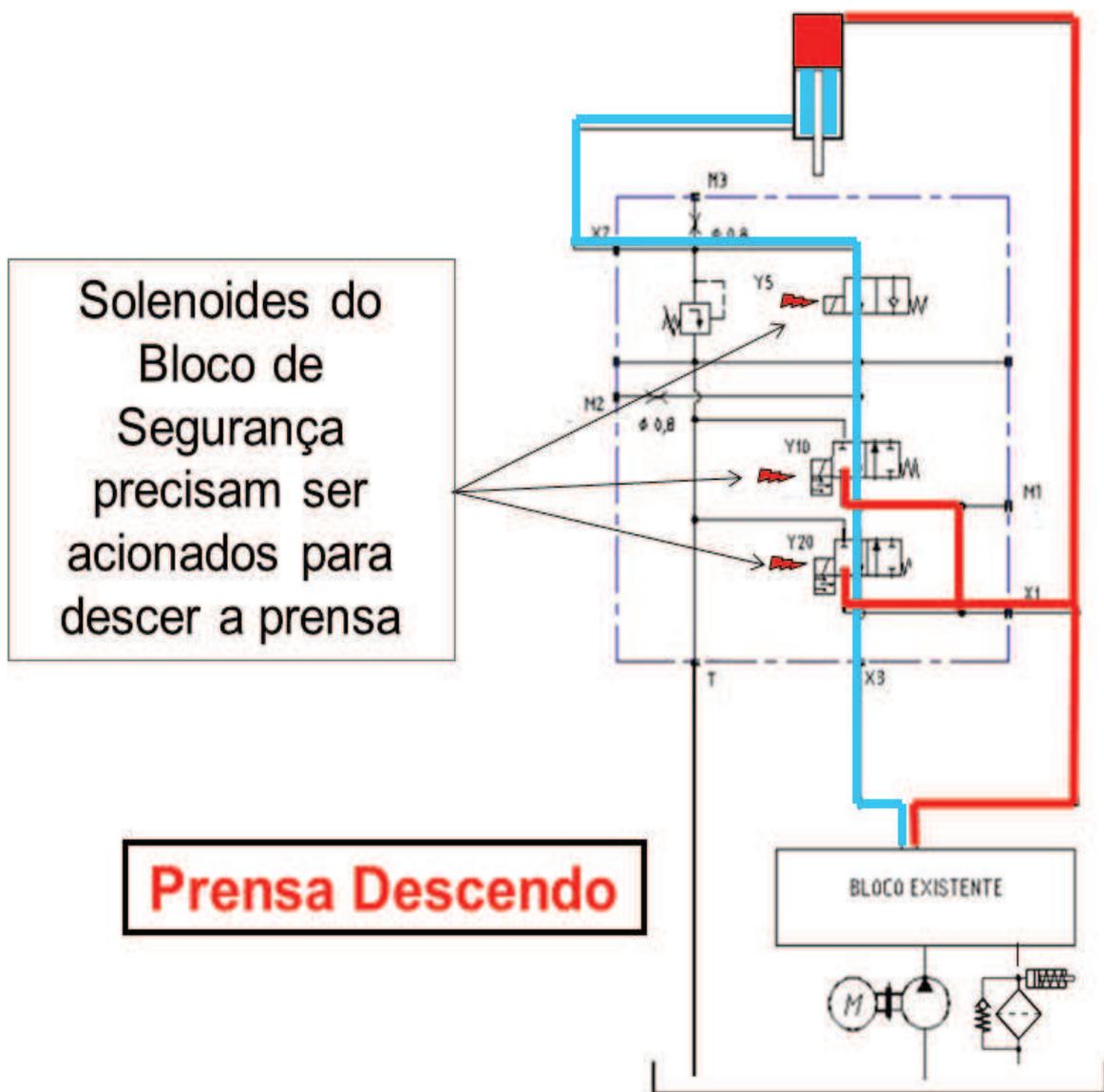
Conforme se pode observar na Figura 8, o bloco de segurança é composto por uma válvula contra multiplicação de pressão (ref. dbds), uma válvula de retenção para garantir a estanqueidade (ref. Y5) e duas válvulas monitoradas em série para garantirem a redundância do bloqueio (ref. Y10 e ref. Y20), para que a classe 4 possa ser atingida.

Na posição de “stand-by” do bloco, conforme demonstrado no circuito, as bobinas se encontram sem alimentação elétrica, correspondendo a situação segura de parada do cilindro. Nesta posição, ao mesmo tempo que ocorre os três bloqueios em série da linha principal pelo lado da coroa (sendo dois monitorados e um não

monitorado), também ocorre a descompressão da traseira do cilindro, simultaneamente pelas duas válvulas monitoradas, garantindo desta forma a eliminação de qualquer componente de força hidráulica no sentido de avanço.

Ao energizar as bobinas das 3 válvulas, o bloco então permite a passagem do fluido livremente, permitindo que o cilindro se movimente mediante também do acionamento hidráulico por parte do circuito de comando original, seja para avançar ou recuar o cilindro, conforme pode ser observado na figura 9.

Figura 9 - Circuito Hidráulico do Equipamento na Posição “Descendo”



4 DOCUMENTAÇÃO APURADA

O bloco de segurança especificado para adequação do equipamento em estudo está em conformidade com as normas de segurança para prensas hidráulicas (EM 693 europeia e NR-12).

As válvulas direcionais monitoradas possuem certificação TÜV de qualidade Alemã, com respectiva documentação e a Bosch Rexroth disponibiliza a ART de fabricação do Bloco de segurança

A empresa que efetua a montagem do bloco de segurança na prensa tem por dever fornecer a ART de instalação, assinada pelo engenheiro habilitado responsável.

Estes documentos devem ser posteriormente anexados ao laudo final das apreciações de riscos do equipamento, que deverá comprovar que a máquina como um todo passou a oferecer condições suficientemente seguras aos operadores, levando também em conta a adequação da parte elétrica (NR-10) e o restante da mecânica (acessos, ergonomia e proteções físicas e mecânicas anti-queda para o martelo), sob responsabilidade de um Engenheiro de Segurança do Trabalho habilitado pelo CREA.

5 CONCLUSÃO

Os riscos apresentados na prensa hidráulica podem ser minimizados através da instalação de dispositivos de segurança em pontos estratégicos da máquina. Conforme demonstrado, para minimizar os riscos de esmagamento ocasionado pelo acionamento do cilindro hidráulico, se fez o uso de um dispositivo de segurança hidráulico chamado “bloco de segurança”, composto por válvulas monitoradas certificadas, montadas em série de forma a proporcionar categoria 4 de segurança, conforme requisitada pela análise de riscos da prensa. Este dispositivo de segurança deverá ser monitorado eletricamente de forma dinâmica por meio de interface de segurança e esta deve ser classificada como categoria 4 conforme a norma ABNT NBR 14153.

É importante salientar que para garantir a segurança no equipamento, também é imprescindível a existência de procedimentos operacionais seguros, treinamentos periódicos e manutenções preventivas para garantir a integridade do equipamento.

O modelo do bloco de segurança utilizado para adequação hidráulica neste equipamento em estudo não é o único disponível no mercado, não sendo ele a única alternativa possível para se obter os mesmos resultados. Porém, a lógica de bloqueio deverá seguir sempre a mesma, para que a classe 4 requisitada seja alcançada.

Por fim, vale observar que o dimensionamento adequado dos dispositivos de segurança é de suma importância para que os projetos de adequação se tornem viáveis, evitando superdimensionamentos. Desta forma, em época de crise, evita-se o sucateamento desnecessário de máquinas e equipamentos. Outro aspecto importante que colabora para o mesmo viés é a competência do engenheiro de segurança do trabalho que fará a análise de risco do equipamento, que deverá em primeiro lugar conhecer profundamente sobre a atividade de operação da máquina, para que o enquadramento da classe de risco seja o mais fiel possível à realidade.

6 REFERÊNCIAS

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR 12: Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Brasília, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14153: segurança de máquinas: partes de sistemas de comando relacionadas à segurança: princípios gerais para projeto. Rio de Janeiro, 2013.

HIDROSISTEMAS AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL: www.indrosistemas.ind.br

BOSCH REXROTH: www.boschrexroth.com.br

APOSTILA NR-12, prof. Ricardo Lecke, Unisinos – Porto Alegre, 2018.

EUROPEAN NORM. **EN 693**: machine tools – safety – Hydraulic Presses: Approved by CEN on 20 November 2000