

ESTUDO PARA PROJETO DE ADEQUAÇÃO À NR 12 DE UMA PRENSA HIDRÁULICA DESTINADA AO ENSAIO LABORATORIAL

STUDY FOR ADEQUACY PROJECT TO NR 12 OF A HYDRAULIC PRESS FOR LABORATORY TEST

Larissa Nishida dos Santos[I]
Gustavo Coser Monteiro Dias [II]

Área: A3. Gestão da Manutenção e Processos Industriais (GEMAPI)
Subárea: S5: Segurança do Trabalho

RESUMO

Projetos de adequação de máquinas e equipamentos conforme a Norma Regulamentadora N° 12 têm o intuito de estabelecerem princípios fundamentais para redução e apreciação dos riscos existentes. Dessa forma, garantem-se a segurança física e a saúde dos trabalhadores e demais pessoas que tenham contato com essas máquinas e equipamentos, haja vista, os acidentes são condições anormais, porém evitáveis. A fim de serem atendidas as premissas de segurança necessárias, este trabalho teve como objetivo apresentar um estudo simplificado para a elaboração do projeto de proteções físicas para a prensa hidráulica de uso laboratorial, instalada na faculdade de tecnologia de Sertãozinho – SP. O projeto proposto foi desenvolvido por meio do *Software Inventor* e tomou como referência, um relatório técnico primordial para redução dos níveis de acidentes. Este relatório, utilizando os métodos qualitativo e quantitativo *HRN (Harzard Rating Number)* e NBR 14153:2013, analisou os riscos existentes para a segurança dos operadores e terceiros, nos estágios anterior e posterior à instalação das proteções, conforme projeto proposto. Este estudo permitiu determinar a melhor escolha de soluções para as proteções físicas da máquina e propôs modificações gerais de modo que o equipamento possa estar em conformidade com a NR 12 (BRASIL, 2019) e demais normas técnicas relacionadas.

Palavras-chave: NR12. Adequação. Análise de risco. Prensa hidráulica. Projeto.

ABSTRACT

Adequacy projects of machinery and equipment according to Regulatory Standard No. 12 establish fundamental principles for reducing and assessing existing risks. In this way, the physical safety and health of workers and other people who have contact with these machines and equipment are guaranteed, accidents are abnormal but preventable conditions. To be met with the necessary safety premises, this study aimed to present a study simplified for the elaboration of the design of physical protections for the hydraulic press for laboratory use, installed in the faculty of technology of Sertãozinho - SP. The proposed project was developed through Inventor Software and took as reference, a primordial technical report to reduce

[I] Estudante do Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial da Faculdade de Tecnologia (FATEC-Stz) de Sertãozinho – São Paulo – Brasil. E-mail: nishidalarissa@gmail.com
[II] Prof. Me. da Faculdade de Tecnologia (FATEC-Stz) de Sertãozinho – São Paulo – Brasil. E-mail: gustavo.dias10@fatec.sp.gov.br.



accident levels. This report, using the qualitative and quantitative HRN (Harzard Rating Number) and NBR 14153:2013 methods, analysed the existing risks to the safety of operators and third parties, in the stages before and after the installation of the protections, according to the proposed project. This study allowed to determine the best choice of solutions for the physical protections of the machine and proposed general modifications so that the equipment can comply with NR 12 (BRAZIL, 2019) and other related technical standards.

Keywords: NR12. Adequacy. Risk analysis. Hydraulic press. Project.

Data de submissão do artigo: 31/07/2022.
Data de aprovação do artigo: 20/09/2022.
DOI: **10.33635/sitefa.v5i1.227**

1 INTRODUÇÃO

Para implantação de melhoria de segurança através da adequação de máquinas ou equipamentos à Norma Regulamentadora número 12, ou simplesmente NR12 (BRASIL, 2019), seja nova ou antiga, deve ser documentada por meio da elaboração de um projeto que contenha uma apreciação de risco. Ambos os documentos precisam estar sob a responsabilidade de um profissional devidamente qualificado e habilitado. A apreciação permite identificar os riscos existentes e orientar a tomada de decisão referente aos perigos aos quais as pessoas podem estar direta ou indiretamente expostas. Isso se aplica a qualquer máquina ou equipamento, estejam instaladas em empresas e, portanto, sendo utilizadas nos processos produtivos, ou em instituições que as utilizem para outros fins, a citar os didáticos, em laboratórios.

O presente trabalho oferece uma possível solução à adequação de uma prensa hidráulica, voltada ao ensino laboratorial, à NR12 (BRASIL, 2019). A partir da elaboração de uma apreciação de risco foram identificados os limites de funcionamento desse equipamento, assim como, os riscos inerentes, os quais foram listados e descritos no relatório técnico. Com base nos resultados da apreciação foram indicadas alterações no equipamento, de modo este pudesse ser adequado à NR 12 (BRASIL, 2019) e a outras normas regulamentadoras, a citar, a número sete, NR07 (BRASIL, 2022) e a número dez, NR10 (BRASIL, 2019).

A etapa de identificação dos riscos oferecidos pelas máquinas e/ ou equipamentos seguiu os critérios de classificação presentes na NBR 14153:2013, que propõe a divisão em cinco categorias: B, 1, 2, 3 e 4. Dentre essas, a categoria 4 (quatro) é a que exige o maior rigor na prevenção dos acidentes, haja vista é nessa categoria que estão considerados os riscos aos quais as pessoas se expõem por mais tempo, e que apresentam a maior severidade e, em caso da concretização de um acidente, a possibilidade de evitar o dano oriundo desse é quase nula. As prensas hidráulicas estão enquadradas na categoria 4.

Segundo Chris Steel (1990), a fim de priorizar as ações sobre os perigos, foi preciso quantificá-los e categorizá-los conforme o nível de risco de forma simplificada e direta, envolvendo o objeto de estudos – a prensa hidráulica para o presente trabalho. Para esse propósito desenvolveu-se uma metodologia de análise que considera o resultado do produto de quatro variáveis probabilísticas (fatores), o método Harzard Rating Number (HRN).

Na metodologia HRN o primeiro fator a ser considerado é o de ocorrência (PE) que retorna à probabilidade de um determinado risco se manifestar e gerar um acidente. A variável PE pode ser avaliada em: quase impossível, altamente impossível, improvável, possível, alguma



chance, provável, muito provável ou certeza. A quantificação de PE a partir das avaliações é apresentada pela Tabela 1.

Tabela 1 - Probabilidade de ocorrência (PE) - HRN

Valor atribuído	Grau da possível lesão	
0,03	QUASE IMPOSSÍVEL	PODERÁ OCORRER EM EXTREMAS CIRCUSTÂNCIAS
1,00	ALTAMENTE POSSÍVEL	MAS PODE OCORRER
1,50	IMPOSSÍVEL	EMBORA INCEBÍVEL
2,00	POSSÍVEL	NÃO USUAL
5,00	ALGUMA CHANCE	PODE ACONTECER
8,00	PROVÁVEL	SEM SURPRESAS
10,00	MUITO PROVÁVEL	GRANDE CHANCES
15,00	CERTEZA	SEM DÚVIDA

Fonte: adaptado de STEEL (1990)

O segundo fator é frequência de exposição (FE), que quantifica a frequência com a qual o equipamento avaliado expõe as pessoas a determinados riscos de acidente, podendo ser avaliado em: anualmente, mensalmente, semanalmente, diariamente, algumas horas e constantemente. Uma sugestão para a quantificação de FE a partir das avaliações é apresentada pela Tabela 2.

Tabela 2 - Frequência de exposição (FE) - HRN

Valor atribuído	Período
0,50	ANUALMENTE
1,00	MENSALMENTE
1,50	SEMANALMENTE
2,50	DIARIAMENTE
4,00	HORAS
5,00	CONSTANTE

Fonte: adaptado de STEEL (1990)

O terceiro fator é o grau de severidade (MPL), que mensura a gravidade de um acidente causado pela exposição das pessoas a um determinado risco que tenha se manifestado. A severidade (MPL) pode ser avaliada em: arranhão/escoriação, dilaceração/corte/enfermidade leve, fratura leve, fratura grave de ossos de pés ou mãos, enfermidade crítica e fatalidade. A Tabela 3 traz uma sugestão de como quantificar a severidade (MPL)

O quarto e último fator da metodologia HRN é o número de pessoas simultaneamente expostas ao risco (NP), que pode variar conforme a situação (Tabela 4). Uma vez quantificados os quatro fatores, o valor do risco é resultado do produto dessas variáveis, conforme apresentado pela equação 1. Esse resultado estipula o nível de risco oferecido pelo equipamento e ou máquina. Conhecido como HRN.

Existem outras metodologias, além da metodologia HRN, que podem e são utilizadas na apreciação dos riscos oferecidos à saúde e segurança do trabalhador, a partir das máquinas e equipamentos com as quais mantêm contato. Dentre essas metodologias, pode-se citar o FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), que, conforme Balaraju et al. (2019), apesar de eficaz, é subjetiva. A fim de diminuir essa subjetividade, Hedge e Rokseth (2020) realizaram um estudo para identificar o uso da metodologia *Machine Learning* na elaboração das



apreciações de risco. De acordo com Hedge e Rokseth (2020) a opção pela metodologia *Machine Learning* aumentou consideravelmente desde 2014.

Tabela 3 - Grau de Severidade (MPL) - HRN

Valor atribuído	Nível de lesão
0,10	ARRANHÃO/ESCORIAÇÃO
0,50	CORTE/ENFERMIDADE LEVE
1,00	FRATURA LEVE DE OSSOS
2,00	FRATURA GRAVE DE OSSOS
4,00	PERDA 1 OU 2 DEDOS DOS PÉS/ MÃO
8,00	AMPUTAÇÃO/ PERDA DA AUDIÇÃO OU VISÃO PARCIAL
10,00	AMPUTAÇÃO DE 2 MEMBROS/PERDA DA AUDIÇÃO OU VISÃO
12,00	ENFERMIDADE
15,00	FATALIDADE

Fonte: adaptado de STEEL (1990)

Tabela 4 - Números de pessoas (NP) – HRN

Valor atribuído	Número de pessoas
1,00	1-2
2,00	3-7
4,00	8-15
8,00	16-60
12,00	ACIMA DE 50

Fonte: adaptado de STEEL (1990)

$$HRN = PE*FE*MPL*NP \quad (1)$$

O fato da metodologia HRN utilizar fatores quantitativos na análise, torna essa ferramenta menos subjetiva que a FMEA, por exemplo. Para cada faixa de valores assumidos para o HRN existe um conjunto de ações recomendadas, as quais estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 - HRN (Harzard Rating Number)

Resultado	Risco	Avaliação
0-1	ACEITAVÉL	POSSÍVEIS AÇÕES. MANTER MEDIDAS DE PROTEÇÃO
1-5	MUITO BAIXO	
5-10	BAIXO	APRIMORAR COM AÇÕES COMPLEMENTARES
10-50	SIGNIFICANTE	
50-100	ALTO	DEVEM SER REALIZADAS AÇÕES PARA REDUZIR OU ELIMINAR O RISCO.
100-500	MUITO ALTO	
500-1000	EXTEMO	AÇÃO IMEDIATA PARA REDUZIR OU ELIMINAR O RISCO. INTERROMPER ATIVIDADE ATÉ ELIMINAÇÃO OU REDUÇÃO DO RISCO.
Acima de 1000	INACEITÁVEL	

Fonte: adaptado de STEEL (1990)

Conforme apresentado na Tabela 5, quando o valor de HRN for igual ou superior a 50 serão recomendadas melhorias no sistema de segurança do equipamento. Para riscos acumulados cujo somatório não ultrapassa os 50 são recomendadas medidas complementares.

A apreciação de risco apontou a necessidade de uma proteção física ao redor da prensa hidráulica. Para a criação dos elementos tridimensionais que compõe as proteções físicas desse equipamento optou-se pelo *Software Inventor* do tipo *Computed Aided Design* (CAD), apropriadamente licenciado pela Faculdade de tecnologia do Estado de São Paulo (FATEC).

Diante do exposto, o problema estudado pelo presente trabalho foi a falta de adequação de uma prensa hidráulica utilizada para fins acadêmicos, aos requisitos de segurança estabelecidos pela NR12 (BRASIL, 2019). A análise apontou a necessidade de elaborar um projeto mecânico de segurança para esse equipamento, o que oferecerá maior segurança aos alunos, docentes e técnicos, além do próprio equipamento e eventuais visitantes à unidade da FATEC Sertãozinho.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Tanto a apreciação de risco (AR), elaborada de acordo com a metodologia HRN, como o projeto desenvolvido em software, tiveram como objeto de estudos a prensa hidráulica apresentada nas Figuras 1 e 2. Essa máquina é destinada ao preparo e demonstrações de aulas laboratoriais na FATEC de Sertãozinho e, portanto, precisa oferecer condições para uma operação segura, de modo a resguardar a integridade humana.

As não conformidades identificadas pela AR, em relação aos itens presentes na NR12 (BRASIL, 2019) e na ABNT NBR 14153 (2013), foram anotadas em um relatório técnico complementar.

Figura 1 – Visão frontal da Prensa hidráulica



Fonte: autoria própria (2022)

Figura 2 – Visão lateral da Prensa hidráulica



Fonte: autoria própria (2022)



As Figuras 1 e 2 mostram nitidamente a ausência dos itens cruciais de segurança abordados pelas normas técnicas ABNT NBR ISO 12100 (BRASIL, 2013) e ABNT NBR 14153 (BRASIL, 2013), como, por exemplo, uma grade de proteção física contra o acesso à área de prensagem. A Figura 3 oferece o cabeçalho do documento elaborado (AR), enquanto a Figura 4 traz os itens da NR12 (BRASIL, 2019) que foram avaliados pela referida AR (requisitos mínimos de segurança de qualquer máquina e equipamento), contendo a respectiva indicação de conformidade ou não conformidade, ou ainda, de "não se aplica" (N/A).

A partir da análise dos itens (Figura 4) e da identificação das não conformidades, foram sugeridas recomendações especificas (Figura 5) para a adequação da prensa hidráulica à NR12 (BRASIL, 2010). A Figura 6 traz a parte do documento (AR) que evidencia as não conformidades registradas.

Figura 3 – Cabeçalho da AR com grau de risco inicial - HRN

Fatec Sertãozinho	Análise de Risco - NR 12	N° Ordem de serviço: 00-00-000-22	
		Data da inspeção: 22/03/2022	
Unidade:	Fatec Sertãozinho - Deputado Waldyr Alceu Trigo	Responsável:	Auxiliar docente
Equipamento:	Prensa Hidráulica tipo H - Cap. 5 ton	Setor:	Laborat. Processo de fabricação
Tipo de operação:	SEMI - AUTOMÁTICA	TAG:	-

GRAU DE RISCO - HRN									
PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA	PE	FREQUÊNCIA DE EXPOSIÇÃO	FE	GRAU DE SEVERIDADE	MPL	Nº PESSOAS EXPOSTAS AO RISCO	NP	HRN	
Provável	8	Semanalmente	1,5	Perda 1ou2 dedos mãos/pés	4,0	3-7 pessoas	2	Alto	96

Fonte: autoria própria (2022)

O grau de risco inicial desta prensa hidráulica, conforme mostrado na Figura 3, foi classificado como alto, obtidos por meio de uma avaliação minuciosa e, de acordo com a necessidade de uso do equipamento. A partir do resultado da AR, os 96 pontos referentes ao HRN, apontam a obrigatoriedade da realização de algumas ações para reduzir ou eliminar os riscos, conforme a Tabela 5.

Na Figura 4, a coluna do "SIM" foi indica "em conformidade com a norma", a segunda coluna "NÃO" significa "não conformidade" e, por último, "N/A" é "não aplicado à categoria em análise", ou seja, ausência da característica.

Os respectivos itens pertencentes à NR12 (BRASIL, 2019) que foram avaliados na AR estão referenciados na primeira coluna da Figura 4, seguidos da descrição da não conformidade (NC) detectada. Adicionalmente, cada NC está destacada na cor vermelha. Nota – se que antes da elaboração do projeto das proteções físicas para a prensa, este equipamento apresentava NC em 87,5% dos itens analisados, o que sugere elevado grau de riscos à segurança.

A Figura 5 traz algumas recomendações de ações a serem adotadas, para que os itens destacados como NC pela Figura 4 possam passar por adequações especificas, conforme requisitado pela NR12 (BRASIL, 2019) e demais normas relacionadas.



Figura 4 – Avaliação dos itens conformes e não conformes da prensa hidráulica – NR12

Análise		SIM	NÃO	N/A
12.2	Providenciar demarcação das áreas de circulação utilizando-se marcos ou outros meios físicos conforme o sub item 12.2 da NR-12.		x	
12.3	Providenciar a adequação conforme o sub item 12.3.1, 12.3.2, da NR-12.		x	
12.4	Providenciar os dispositivos conforme o sub item 12.4.3, 12.4.4, 12.4.5 e 12.4.6 da NR-12.		x	
12.5	Providenciar a adequação conforme 12.5.1.1 e 12.5.8, da NR-12.		x	
12.6	Providenciar a instalação de botão de emergência conforme o sub item 12.6.1 da NR-12.		x	
12.7	Providenciar proteções em mangueiras e tubulações conforme o sub item 12.7.1 da NR-12.		x	
12.8	Não aplicável a essa categoria de máquina.			x
12.9	Providenciar junto a segurança do trabalhos , meios seguros aos trbalhadores conforme o sub item 12.9.1 da NR-12.		x	
12.10	Não aplicável a essa categoria de máquina.			x
12.11	Providenciar procedimentos internos e cronograma de preventiva conforme o sub item 12.11.2 da NR-12.		x	
12.12	Providenciar comunicação eficaz, como, por exemplo, a utilização de cores, símbolos, inscrições, sinais luminosos, entre outras, que permitam a percepção do risco em todas as fases conforme o sub item 12.12 da NR-12.		x	
12.13	Providenciar a reconstituição do manual em portugues conforme o sub item 12.13.1 da NR-12.		x	
12.14	O operador deve efetuar inspeção rotineira das condições de operacionalidade e segurança e, se constatadas anormalidades que afetem a segurança conforme o sub item 12.14.1 da NR-12.		x	
12.15	Providenciar projetos ou manuais elaborados para segurança conforme o sub item 12.15.1 da NR-12.		x	
12.16	Deverá providenciar capacitação providenciada pelo empregador e compatível com suas funções, que aborde os riscos a que estão expostos e as medidas de proteção existentes e necessárias conforme o sub item 12.16.2 da NR-12.		x	
12.17	Providenciar procedimentos em conforme o sub item 12.17.2 da NR-12.		x	

Fonte: autoria própria (2022)

Figura 5 – Recomendações específicas para adequação conforme as normas regulamentadoras.

Ref. Normas	NR-7 /NR-12 /NR-10 / NBR 14153 / NBR 13930 / NBR13855 /NBR 7195
Recomendações	1.1. A parte frontal da máquina deve estar protegida, através proteções móveis dotadas de intertravamento, e nas demais partes da área de risco com proteções fixas, conforme item 12.5.
	1.2. Instalção dos botões bimanuais com redundância e simultaneidade conforme 12.4.
	1.3. As proteções mecânicas devem atender a NR26 e durante toda fase de utilização deve ser mantido Sinalização de Segurança (Item 12.12.1). Para as partes móveis e perigosas da máquinas devem ser na cor laranja conforme a NBR 7195.
	1.4. Os Procedimentos de Trabalho e Segurança devem estar disponíveis a todos, bem como ter evidência da abordagem deles constantemente por meio de DDS ou outra forma de lembrete. (Item 12.14).
	1.5. Deve-se providenciar recomendações de adequação conforme a NR-10 e NR-7.
	1.6. Instalação da cortina de luz /porta com intertravamento conjugada com dispositivo de acionamento bimanual, conforme alínea "c" do subitem 2.1. (NBR 13855) ou a desativação total (muting) desta zona de proteção pode ser feita quando a distância entre a punção e a chapa for menor ou igual a 10 mm (dez milímetros), se a velocidade de fechamento é reduzida para 10 mm/s (dez milímetros por segundo) ou menos.

Fonte: autoria própria (2022)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise inicial foi gerado um estudo de projeto de proteção física e móvel para a prensa hidráulica, conforme subitem 12.5 da NR12 (BRASIL, 2019). Esse

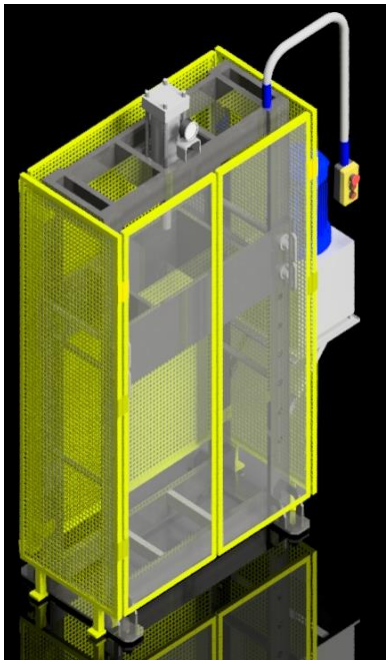
desenvolvimento deu-se por meio da elaboração de desenhos tridimensionais - realizados no *Software Inventor*. As Figuras 7 a 11 trazem imagens da proposta para a proteção física da prensa, conforme apontado pela AR, contendo os seguintes detalhes construtivos:

1. Estrutura composta por perfis dobrados ou cantoneiras;
2. Tela expandida soldada na estrutura da proteção;
3. Seis placas reguláveis de fixação por parafusos M12 (detalhe na Figura 9);
4. Seis dobradiças para fixação da proteção móvel (porta) (Figura 10);
5. Duas placas frontais em policarbonato para fácil visualização do processo durante a utilização do equipamento;
6. Quatro perfis dobrados, soldados como "pés", dando suporte a estrutura de proteção (Figura 11);
7. Pintura na cor amarela em toda a barreira de proteção, exceto placas frontais.

De acordo com os dados técnicos expostos nas recomendações das normas NR12 (BRASIL, 2019), ABNT NBR 12100 (BRASIL, 2013) e ABNT NBR14153 (BRASIL, 2013) é necessário considerar os demais itens abaixo mencionados para a completa adequação da prensa à NR12 (BRASIL, 2019):

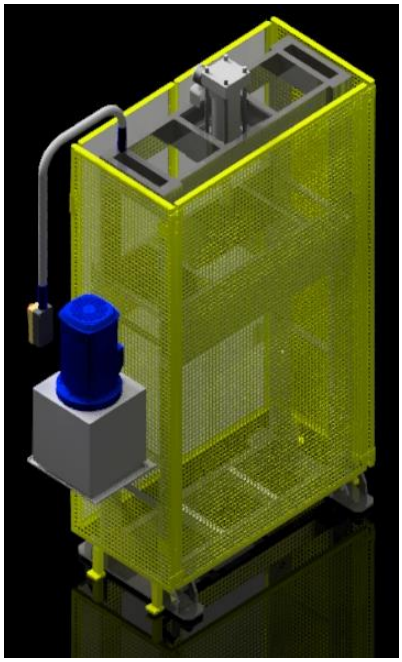
- A proteção móvel poderá ser aberta sem o uso de ferramentas desde que esta possua elementos mecânicos de fixação à estrutura fixa e que esteja associada a dispositivos de intertravamento, conforme previsto no subitem 12.5.4 da NR12 (BRASIL, 2019);
- Inexistência total ou parcial das medidas protetivas desde que o processo de utilização da prensa atenda, respectivamente às características do *blanking* ou *muting*, tratadas nos subitens 4.1.2.1.1.3 e 4.1.2.1.1.4 da NR12 (BRASIL, 2019), também respectivamente.

Figura 7 – Estudo de proteção física da prensa



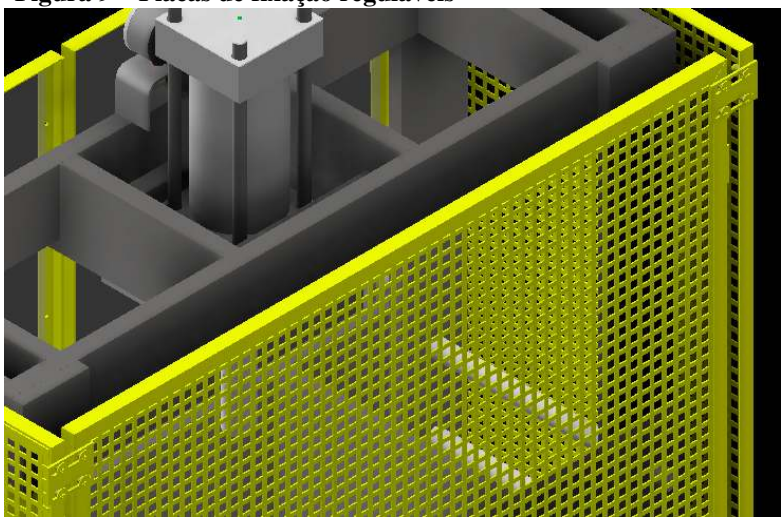
Fonte: autoria própria (2022)

Figura 8 – Visão traseira da proteção fixa



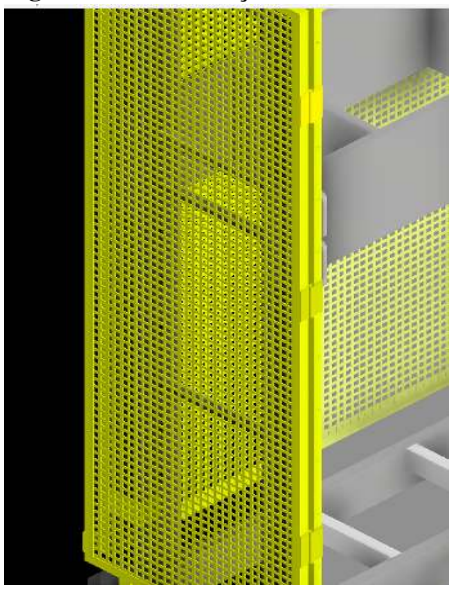
Fonte: autoria própria (2022)

Figura 9 – Placas de fixação reguláveis



Fonte: autoria própria (2022)

Figura 10 – Dobradiças



Fonte: autoria própria (2022)

Figura 11 – Suportes estruturais "pés"



Fonte: autoria própria (2022)

Tomando como premissa que todas as recomendações feitas pela AR sejam implementadas, gerou-se uma segunda classificação presumida do HRN final (Figura 12).

Figura 12 – Grau de riso final da prensa hidráulica - HRN

GRAU DE RISCO FINAL - HRN									
PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA	PE	FREQUÊNCIA DE EXPOSIÇÃO	FE	GRAU DE SEVERIDADE	MPL	Nº PESSOAS EXPOSTAS AO RISCO	NP	HRN	
IMPROVÁVEL	1,5	SEMANALMENTE	1,5	DILACERAÇÃO / CORTE LEVE	0,5	1 - 2 PESSOAS	1	BAIXO	1,125

Fonte: autoria própria (2022)



Supondo que as modificações sugestionadas na AR apresentadas neste trabalho sejam aplicadas, a prensa poderá ser operada com devida segurança estabelecida pela NR12 (BRASIL, 2019). Nota-se que tal resultado é baseado no estudo de uma possível adequação dessa prensa por meio de orientações sugeridas pelas normas regulamentadoras em que este equipamento se enquadra, passível de alterações e melhorias.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do processo de desenvolvimento desde estudo para adequação à NR12 (BRASIL, 2019) da prensa hidráulica destinada ao ensaio laboratorial, observou-se que é possível desenvolver uma visão de proposta do projeto de segurança e, estabelecer uma estimativa de risco de forma simples ao utilizar o método HRN para classificação da necessidade de melhoria na segurança do equipamento. Em conjunto com a ABNT NBR 14153 (2013) e, por meio de uma abordando geral dos itens ausentes, indicado e orientando de forma simples, foi possível propor uma solução satisfatória para garantir a operação segura da máquina avaliada.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12100**: Segurança de máquinas – Princípios gerais de projeto – Apreciação e redução de riscos. Rio de Janeiro, 2013.

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

_____. **NBR 13855:** Segurança de máquinas – Posicionamento dos equipamentos de proteção com referência à aproximação de partes do corpo humano. Rio de Janeiro, 2013.

BALARAJU, Jakkula; RAJ, Mandela Govinda; MURTHY, Chivukula Suryanarayana. Fuzzy-FMEA risk evaluation approach for LHD machine–A case study. **Journal of Sustainable Mining**, v. 18, n. 4, p. 257-268, 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Norma Regulamentadora N° 07 – Ergonomia**: MTE. 2022.

_____. **Norma Regulamentadora N° 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**: MTE. 2019.

_____. **Norma Regulamentadora N° 12 – Segurança no Trabalho com Máquinas e Equipamentos**: MTE. 2019.

HEGDE, Jeevith; ROKSETH, Børge. Applications of machine learning methods for engineering risk assessment–A review. **Safety science**, v. 122, p. 104492, 2020.

STEEL, Chris. Risk Estimation Techniques, E.U.A, 1990.