



PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DE RISCOS EM PRENSAS HIDRÁULICAS COM LÓGICA FUZZY

Patrícia Sluce

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos – Mestrado Profissional, PPGEP/ITEC, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos.

Orientador: Manoel Henrique Reis Nascimento

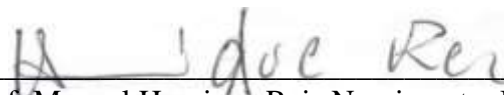
Belém
Abril de 2021

**PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DE RISCOS EM PRENSAS HIDRÁULICAS
COM LÓGICA FUZZY**

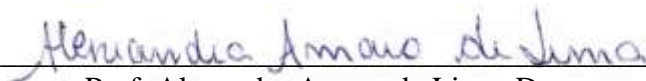
Patrícia Sluce

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA PROCESSOS – MESTRADO PROFISSIONAL (PPGEP/ITEC) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DE PROCESSOS.

Examinada por:



Prof. Manoel Henrique Reis Nascimento, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Orientador)



Prof. Alexandra Amaro de Lima, Dr.
(UNIP-Membro)



Prof. David Barbosa de Alencar, Dr.
(FAMETRO-Membro)

BELÉM, PA - BRASIL

ABRIL DE 2021

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA**

Sluce, Patrícia, 1974-
Proposta de avaliação de riscos em prensas hidráulicas
com lógica fuzzy / Patrícia Sluce. - 2021.

Orientador: Manoel Henrique Reis Nascimento

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal
do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Processos, 2021.

1. Administração de risco - Métodos estatísticos. 2.
Lógica Difusa. 3. Máquinas - Medidas de segurança. 4.
Segurança do Trabalho I. Título

CDD 22. ed. - 658.88

Dedico este trabalho a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para sua realização. Minha filha, amor da minha vida, que com sua paciência, compreensão e amor fez deste caminho um sonho concretizado e mais uma meta cumprida

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Dr. Manoel Henrique Reis Nascimento, por me dar o privilégio de ser sua orientanda. Apoio no desenvolvimento deste trabalho, e todos os ensinamentos durante o transcorrer do curso.

Ao professor Dr. Jandecy Cabral Leite por ter propiciado a oportunidade de ingresso no curso de pós-graduação e todo apoio e incentivo.

Ao Coordenador Acadêmico Prof. Alberto Bezerra, por todo apoio, cordialidade e simplicidade no tratamento para com os alunos e assuntos acadêmicos.

Aos membros da banca examinadora pela disposição de ler este trabalho.

Aos meus amigos, em especial à Isaac Pereira Oliveira pelo companheirismo e amizade. Aos amigos Michelson Maciel Bezerra, Aldemira Pedro de Aquino, Márcio Silveira Jr., e Gustavo Freitas pelo grupo de estudo e companheirismo durante o decorrer do curso.

Agradeço especialmente à minha filha Fernanda, que por diversas vezes me acompanhou nas aulas, depois de um dia cansativo de escola, sempre paciente e doce.

À minha pequena e amada família, especialmente a meus queridos pais,(Teresa Aguiar Sluce – mulher de fibra, coração imenso, José Estevão Sluce – homem guerreiro, que provou durante toda sua vida que garra e determinação não dependem somente das literaturas e sim de vontade) que perto ou distante são energia e estímulo de chegada e vitória sempre.

Ao meu irmão Ricardo Sluce e minha sobrinha Melissa Sluce, que mesmo distante continuam sempre presente em meus pensamentos e orações.

Aos colaboradores e corpo docente do ITEGAM e UFPA pela acolhida e toda dedicação e comprometimento no transcorrer deste curso.

E a Deus, acima de tudo, sem Ele nada seria possível.

Muito Obrigada!

“Ninguém nunca conseguiu alcançar sucesso simplesmente fazendo o que lhe é solicitado. É a quantidade e a excelência do que está além do solicitado que determina a grandeza da distinção final...”

(Charles Kendall Adams)

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGEP/UFPA como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Processos (M. Eng.)

PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DE RISCOS EM PRENSAS HIDRÁULICAS COM LÓGICA FUZZY

Patrícia Sluce

Abril/2021

Orientador: Manoel Henrique Reis Nascimento

Área de Concentração: Engenharia de Processos

Segurança em máquinas e equipamentos tem sido foco do Ministério do Trabalho desde 1978 quando as Normas regulamentadoras foram criadas, porém somente após 2005 tivemos uma atuação mais eficaz da fiscalização do órgão competente nas adequações de Maquinários Industriais para a redução de acidentes no parqueamento industrial. Apesar da quantidade de normas e regulamentações que dão embasamento na adequação de máquinas e equipamentos, muitas empresas não conseguem enxergar a importância e forma correta para obtenção da integridade física e psicológica dos colaboradores. A proposta de avaliação de riscos em máquinas e equipamentos com lógica fuzzy, vem com o intuito de melhorar o reconhecimento do grau de risco das máquinas e equipamentos produtivos através de um modelo de inferência, descrevendo o grau de severidade de risco de cada máquina e equipamento vistoriado e auxiliando na escolha da melhor forma de adequação pelo grau de risco encontrado pelo modelo matemático. Esta proposta, auxiliará em uma forma mais rápida, adequada e mais assertiva na escolha das metodologias de adequação existentes nas Normas Brasileiras (NBR's), pois vai além da lógica convencional, considera dados nebulosos para a obtenção do grau de risco do maquinário.

Abstract of Dissertation presented to PPGE/UFPA as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Process Engineering (M. Eng.)

RISK ASSESSMENT PROPOSAL IN HYDRAULIC PRESSES WITH FUZZY LOGIC

Patrícia Sluce

April/2021

Advisor: Manoel Henrique Reis Nascimento

Research Area: Process Engineering

The aim of this study was to evaluate the safety level of industrial machines, in particular hydraulic press. The dissertation used hydraulic presses as the object of study. The research instruments used were machine safety analyzes based on normative items pre-established in ABNT NBR: 12100, possible accidents that these machineries can cause. The results show that hydraulic presses cause many accidents, in some situations dying. Through Annex B of ABNT NBR 14153: 2013, there are 4 risk categories for machinery, the greater the degree of risk, the more unsafe the machine is. The appraiser's experience is very important to analyze the machine and reach the level of risk level before and after the adjustment. Finally, it appears that the machine analyzed in this study was at risk level 3, after analysis and adaptations the same machine was at risk level 1, totally acceptable to maintain the operator's safety level.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1 - MOTIVAÇÃO..... | 1 |
| 1.2 - OBJETIVOS..... | 4 |
| 1.2.1 - Objetivo geral..... | 4 |
| 1.2.2 - Objetivos específicos..... | 4 |
| 1.3 - CONTRIBUIÇÃO DA DISSERTAÇÃO..... | 4 |
| 1.4 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO..... | 5 |
| CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA..... | 6 |
| 2.1 - NORMAS REGULAMENTADORAS: SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO..... | 6 |
| 2.2 - NORMA REGULAMENTADORA 12..... | 7 |
| 2.3 - NBR 14156: 2013..... | 9 |
| 2.4 - LÓGICA FUZZY..... | 11 |
| 2.4.1 - Conceito Lógica Fuzzy..... | 11 |
| 2.4.2 - Contribuição de Lofty Zadeh para Lógica Fuzzy..... | 12 |
| 2.4.3 - Etapas do raciocínio na Lógica Fuzzy..... | 12 |
| 2.4.4 - Área de aplicabilidade da Lógica Fuzzy..... | 14 |
| 2.4.5 - Funções de pertinência na Lógica Fuzzy..... | 14 |
| 2.4.5.1 - Função triangular..... | 14 |
| 2.4.5.2 - Função gaussiana..... | 15 |
| 2.4.5.3 - Função trapezoidal..... | 15 |
| 2.5 - MÁQUINAS INDUSTRIAIS..... | 16 |
| 2.6 - PRENSAS..... | 18 |
| 2.6.1 - Mecânicas excêntricas de engate por chaveta ou acoplamento equivalente..... | 19 |
| 2.6.2 - Mecânicas excêntricas com freio-embreagem..... | 20 |
| 2.6.3 - Mecânicas de fricção por acionamento por fuso..... | 20 |
| 2.6.4 - Prensas hidráulicas..... | 21 |
| CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS..... | 23 |
| 3.1 - METODOLOGIA..... | 23 |
| 3.2 - INFERÊNCIA PUZZY PARA O MODELO PROPOSTO..... | 27 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3 - REGRAS APLICADAS..... | 28 |
| CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 30 |
| 4.1 - ESTUDO DE CASO..... | 30 |
| CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO..... | 40 |
| 5.1 - CONCLUSÃO..... | 40 |
| REFERÊNCIAS..... | 42 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 2.1 | Normas ABNT de segurança..... | 9 |
| Figura 2.2 | Anexo B ABNT NBR 14156..... | 11 |
| Figura 2.3 | Sistema de Fuzzyficação e Defuzzyficação..... | 13 |
| Figura 2.4 | Percepção da teoria dos conjuntos na lógica Fuzzy..... | 14 |
| Figura 2.5 | Função triangular..... | 15 |
| Figura 2.6 | Função sino..... | 15 |
| Figura 2.7 | Função trapezoidal..... | 16 |
| Figura 2.8 | Participação de máquinas e equipamentos em acidentes em acidentes de trabalho de 2012 a 2018..... | 17 |
| Figura 2.9 | Prensa mecânica excêntrica de engate por chaveta..... | 19 |
| Figura 2.10 | Prensa mecânica excêntrica com freio/embreagem..... | 20 |
| Figura 2.11 | Prensa mecânica de fricção com acionamento por fuso..... | 21 |
| Figura 2.12 | Prensa hidráulica com zona de prensagem desprotegida..... | 22 |
| Figura 2.13 | Prensa hidráulica protegida..... | 22 |
| Figura 3.1 | Variáveis de entrada e saída do modelo proposto..... | 24 |
| Figura 3.2 | Variáveis SevFerimento (Severidade do Ferimento)..... | 25 |
| Figura 3.3 | Variáveis FreqPerigo (Frequência e/ou tempo de exposição ao perigo)..... | 25 |
| Figura 3.4 | Variáveis PosPerigo (Possibilidade de evitar o perigo)..... | 26 |
| Figura 3.5 | Variáveis de saída – CAT (categoria de risco de máquina)..... | 27 |
| Figura 4.1 | Prensa enfardadeira sem procedimento visível..... | 31 |
| Figura 4.2 | Demarcação do piso..... | 31 |
| Figura 4.3 | Fixação do maquinário..... | 32 |
| Figura 4.4 | Sinalização..... | 32 |
| Figura 4.5 | Sensoriamento..... | 33 |
| Figura 4.6 | Quadro elétrico e comandos elétricos..... | 33 |
| Figura 4.7 | Visualizador de regras..... | 34 |
| Figura 4.8 | Categoria de risco prensa antes da adequação..... | 35 |
| Figura 4.9 | Fixação maquinário..... | 36 |
| Figura 4.10 | Sensoriamento..... | 36 |
| Figura 4.11 | Quadro elétrico..... | 37 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 4.12 | Visualizador de regras..... | 38 |
| Figura 4.13 | Categoria de risco prensa depois da adequação..... | 38 |
| Figura 4.14 | Análise de superfície do grau de risco..... | 39 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|------------|---|----|
| Tabela 3.1 | Funções de pertinência do sistema..... | 23 |
| Tabela 3.2 | Regras do modelo proposto..... | 27 |
| Tabela 3.3 | Resultado de combinações das funções de pertinência..... | 28 |
| Tabela 4.1 | Funções de pertinência do sistema antes da adequação..... | 34 |
| Tabela 4.2 | Funções de pertinência do sistema após adequação..... | 37 |

NOMENCLATURA

| | |
|--------|---|
| ABNT | ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS |
| DSST | DEPARTAMENTO DE SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO |
| FIERGS | FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL |
| IEC | INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION |
| ISO | INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION |
| MPS | MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL |
| MTE | MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO |
| NBR | NORMA BRASILEIRA |
| NR | NORMA REGULAMENTADORA |
| NT | NOTA TÉCNICA |
| SESI | SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA |
| SST | SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO |

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - MOTIVAÇÃO

Discussões intensas sobre a saúde do obreiro tem sido foco em Medicina e Segurança do trabalho, devido ao aumento significativo de acidentes principalmente com máquinas e equipamentos industriais. Amputações, dilacerações e até morte, tem deixado os trabalhadores inseguros e psicologicamente abalados (OLIVEIRA,2003)

Ambiente laboral inadequado, ato inseguro, falta de conhecimento do trabalhador em relação à atividade a ser desempenhada, pode contribuir para que os acidentes ocorram. As situações podem ser isoladas ou em conjunto e em todos os casos o empregador está diretamente relacionado, pois o maquinário já deveria estar adequado desde 1978 quando a Portaria MTb nº3.214 foi promulgada, os parâmetros foram estabelecidos pela Norma Regulamentadora NR12 – Segurança em Máquinas e Equipamentos do Ministério do Trabalho e Emprego e tem sofrido várias alterações desde então (MTE, 2020).

Notadamente, os acidentes tem influências direta na vida do trabalhador, podendo reduzir a capacidade laboral, quando da perda de membros ou acidentes incapacitantes, sujeitando seus dependentes a perderem talvez a única fonte de renda da família, e trazendo custos sociais, principalmente na Saúde e Previdência Social (MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL, 2013).

Conforme o MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL (2013), os danos com acidentes de trabalhos são de ordem direta, imediata, seja pela saúde ou integridade física do colaborador e pela saúde de seus dependentes, perdendo talvez o estio da família. Ainda há de se comentar os custos que são gerados para o estado com Saúde e Previdência Social. Os prejuízos são inúmeros e ultrapassam o patamar físico, muitas vezes emocionalmente acometem colaboradores não somente envolvidos no acidente diretamente, mas seus companheiros de trabalho que podem ficar abalados com o evento.

No ano de 2019, aconteceram algumas alterações nos parâmetros de verificação e adequação de máquinas e equipamentos. A Portaria SEPTR nº 916 de 30/07/19, excluiu vários itens constantes da NR-12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos, como por exemplo: importação de máquinas, na redação anterior precisava-se adequar

assim que fossem instaladas nas indústrias aumentando significativamente os custos com o maquinário e mão-de-obra para realizar o serviço. Com a modificação, os empresários ficam desobrigados dessa adequação caso o maquinário já esteja adequado com as medidas de segurança mesmo que sejam internacionais e possuam laudo de conformidade. Essa mudança, trouxe um alívio para os empregadores que podem investir essa verba que gastariam com a adequação em outras medidas de segurança dentro da empresa, ou até mesmo com capacitação de seu pessoal técnico.

Apesar das modificações na norma NR-12 - Segurança em Máquinas e Equipamentos terem ocorrido, a origem, grau de risco e severidade do dano observados em NBR 14153:2013 continuam vigentes (MTE, 2020).

Pela norma regulamentadora NR-12 – Segurança em Máquinas e Equipamentos, todo equipamento deve ser adequado de forma a não causar qualquer lesão, seja temporária ou permanente ao operador. Esta norma possui um anexo (ANEXO – VIII PRENSAS E SIMILARES) dedicado a este tipo de equipamento identificando os pontos de atenção e como realizar a adequação de forma a satisfazer os preceitos da norma regulamentadora e demais normas brasileiras (MTE, 2020)

Conforme Anexo VIII – Prensas e Similares – NR12 (MTE, 2020), as prensas são máquinas que possuem a capacidade de conformar, cortar materiais de diversas composições. São constituídas de ferramentais que movimentam o “martelo” (punção) que pode ser acionado por sistema hidráulico ou pneumático, cilindro hidráulico ou pneumático, ou de sistema mecânico. São maquinários pesados e de muita força, onde sua falha pode causar dilacerações, amputações e em cenários mais drásticos, morte.

As prensas hidráulicas, são sem dúvida umas das máquinas que mais causam acidentes nas indústrias, e com a abertura econômica, muitos desses maquinários advindos de países asiáticos ou do oriente médio, chegam ao país sem as devidas proteções ou adequações de segurança expondo os trabalhadores à sérios riscos a integridade física e psicológica (JUNIOR, 2009).

Uma parcela importante destes acidentes é ocasionada por máquinas obsoletas, desprotegidas e inseguras, sendo constatado pelo governo através de fiscalizações (STUMPF, 2005).

As prensas injetoras e mecânicas tem sido as maiores causadoras de acidentes no Brasil. Dentro desta problemática o governo tem concentrado esforços para entender o porquê. Em investigações, encontrou-se vários motivos como: falta de conhecimento e preparado dos empresários em aplicar os requisitos normativos em suas empresas, falta

de conscientização das pessoas tanto empregados como empregadores sobre a importância da segurança com esse tipo de maquinário para preservação da integridade física e psicológica de seus colaboradores dificultando assim a redução de gastos com aposentadorias precoces e custos em geral com tratamento à acidentados (STUMPF, 2005).

De acordo com VILELA (2000), várias iniciativas foram travadas para que se estabelecesse medidas apropriadas de segurança para trabalhadores que operassem prensas, pelo alto risco de esmagamento, amputação e morte.

Em 2002, a “Convenção Coletiva de Melhoria das Condições de Trabalho em Prensas e Equipamentos Similares, Injetoras de Plástico e Tratamento Galvânico de Superfícies nas Indústrias Metalúrgicas no Estado de São Paulo” foi assinada, tendo a sua frente a força sindical e representantes dos trabalhadores de classe, com intuito de se estabelecer condições e critérios mínimos de segurança para trabalhadores com prensa. Esta convenção contou com 62 sindicatos de trabalhadores, 11 sindicatos patronais e como mediador a Delegacia Regional do Trabalho do estado de São Paulo (DRT/SP) (MTE, 2002).

A partir desta convenção, iniciou-se várias operações de fiscalização de prensas e similares através do Ministério do Trabalho e Emprego, culminando na elaboração da Nota Técnica n.º 16 – DSST/MTE, servindo de referencial e suporte técnico (MTE, 2005).

Máquinas industriais tem sido o foco de órgãos reguladores para adequação de segurança, pois sinalizam altos números de acidentes conforme evidenciado pelo SISLAB (2020), somente a região norte é detentora de 15% dos acidentes em máquinas industriais, e em prensas essa porcentagem representa em torno de 7%, um número muito alto considerando a quantidade de habitantes da região. Nestes valores não foram incluídos morte, o que aumentaria significativamente esse percentual.

Para adequação de máquinas, as NBR's (Normas Brasileiras) possuem um grande rol de informações que ajudam na análise e guiam para a forma correta de adequação com segurança. O uso da metodologia abordada na NRB 14153:2013, por exemplo, ajuda a fazer uma análise dos riscos e perigos da máquina em estudo e o uso dos recursos mais plausíveis para a adequação do maquinário que está sendo estudado.

O fator relevante de as prensas contribuírem com uma participação significativa de acidentes, motivou a questão de obter um modelo de inferência que pudesse com uma maior rapidez e acuracidade diagnosticar, através de algo já definido em ABNT NBR 14153/2013, a categoria do grau de risco da

máquina, dando um direcionamento mais preciso para o analista técnico na tomada de decisão em propor uma adequação eficiente e que consiga atender os requisitos normativos preestabelecidos.

Neste enfoque, o presente trabalho pretende, a partir da ferramenta apresentada em NBR 14153:2013, propor um modelo de inferência Fuzzy para auxiliar na categorização do grau de risco de máquinas industriais, buscando subsidiar melhorias da segurança no trabalho com estes equipamentos, assim como propor sugestões que visem aprimorar as adequações de máquinas e equipamentos e as análises de acidentes mais rápidas e eficientes.

1.2 - OBJETIVOS

1.2.1 - Objetivo geral

Desenvolver um modelo de inferência Fuzzy para a avaliação do grau de risco em máquinas industriais, atendendo aos parâmetros descritos na ABNT NBR 14.153/2013.

1.2.2 - Objetivos específicos

- Analisar o método simplificado dos elementos de risco em máquinas e equipamentos descritos na ABNT NBR 14.153/2013;
- Definir variáveis do modelo de inferência Fuzzy usando como referência os elementos do ANEXO B – ABNT NBR 14.153/2013;
- Desenvolver um modelo de inferência Fuzzy para avaliação do grau de risco em máquinas industriais;
- Simular o modelo proposto em maquinário;
- Comparar os resultados obtidos em simulação com os dados normativos.

1.3 - CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO

Esta proposta de modelo de inferência *Fuzzy* trará facilidade e maior assertividade no índice do grau de risco em prensas hidráulicas auxiliando em uma melhor adequação destas máquinas no que concerne à escolha de itens de segurança e urgência de adequação

para as mesmas, permitindo mais possibilidades de análise para uma mesma máquina, admitindo vários cenários diferentes.

1.4 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho será organizado em 4 capítulos, sendo o capítulo 1, apresenta a motivação, os objetivos, as contribuições da dissertação e a forma de organização do trabalho.

O capítulo 2, apresenta uma revisão da literatura sobre o histórico das NR's, a norma regulamentadora NR12 e NBR 14153:2013 sobre obrigações do empresário na adequação e maquinários e a forma de análise de riscos de máquinas e equipamentos. O capítulo aborda também uma revisão da literatura sobre os dispositivos de segurança que devem ser empregados em prensas pelo grau de risco definido por NRB 14153:2013, modelos de prensas que podemos encontrar no estacionamento fabril e um pouco de seu princípio de funcionamento. Este capítulo trará também uma abordagem sobre o modelo de inferência Fuzzy para maior entendimento sobre o desenvolvimento do modelo de inferência proposto.

O capítulo 3, aborda a metodologia, explicando as regras aplicadas para o modelo proposto, análise das regras e análise de superfície do modelo proposto. O capítulo 4, descreve como será feita a análise, de onde virão os dados e como serão trabalhados dentro do modelo de inferência proposto, mostrando resultados e comparando o antes e depois da adequação da máquina e confrontando com o Anexo B da ABNT NBR 14153:2013. O capítulo 5, corresponde a conclusão propriamente dita, contendo os comentários correspondentes às estatísticas geradas

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - NORMAS REGULADORAS: SAÚDE E SEGURANÇA NO TRABALHO

Segundo MOTA (2017), saúde e segurança no trabalho tem sido um assunto muito discutido na atualidade devido sua importância e impacto na sociedade, não é difícil encontrar milhares de artigos, livros sobre o assunto sempre abordando as dificuldades encontradas para se chegar a um nível satisfatório de segurança nas empresas. A persistência entre as classes empresariais em se atender requisitos normativos para chegar à um nível de segurança satisfatório que preserve a saúde e integridade física do trabalhador ainda é muito grande, o conceito de Saúde e Segurança Ocupacional muitas das vezes se confunde com um empecilho produtivo, o que na verdade é o contrário, pois as perdas com acidentes é muito maior pois entra no âmbito social e econômico, tanto para o trabalhador quanto para a empresa e o governo. Esse tipo de pensamento, tende a extinguir essas empresas do mercado mundial. Conforme GONÇALVES *et al.* (2015), as normas regulamentadoras do M.T.E (Ministério do Trabalho e Emprego) tem a mesma força de lei, pois foram criadas a partir da Lei Nº 6.514 de 1977, que alterou o Capítulo V, Título II, da consolidação das leis do trabalho (CLT), que por sua vez vem do desmembramento do artigo 196 da CF/88.

O Art.196 prevê que o Estado deve garantir, mediante políticas sociais e econômicas, redução de riscos de doença e demais situações de agravo, e a acessibilidade igualitária dos cidadãos às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação, conferindo aos cidadãos o direito que ao que tange a CF/88 é inviolável (CF/88).

A Portaria Nº 3.214 de 08 de junho de 1978 aprovou as Normas Regulamentadoras e desde então vem sofrendo diversas modificações para ajustar-se ao mercado de trabalho atual, conforme MTE,2020.

A atualização mais recente que tivemos foi em 12 de dezembro de 2019, alterando textos na NR15 – Insalubridade, mais especificamente no Quadro 3, do Anexo 1 – Calor, NR-09- Programa de prevenção de riscos ambientais, ainda em 31 de julho de 2019, a NR12-Segurança em máquinas e equipamentos, também sofreu significativas mudanças em sua estrutura, porém não perdendo sua essência que é garantir a segurança em serviços com máquinas em equipamentos no parqueamento fabril (MTE,2020).

A realidade em tecnologia e métodos de trabalho, maquinário empregados na época da aprovação destas portarias, já não condizem com a realidade apresentada do século XX. Hoje existem máquinas cada vez mais velozes, com sistema embarcado de programação, robôs, com uma infinidade de riscos e perigos que não foram catalogados no passado (ARAUJO; GASPAROTTO,2019).

Sempre que necessário as normas regulamentadoras são alteradas, segundo ARAÚJO e GASPAROTTO (2019), este processo é feito por uma comissão Tripartite e apesar de serem alteradas por portarias, as normas ainda continuam fazendo parte da Portaria 3.214/78 que as originou.

2.2 - NORMA REGULAMENTADORA 12

A norma regulamentadora 12 existe desde 1978 através da Portaria MTb nº 3.214, de 08 de junho e desde então vêm sofrendo diversas atualizações através dos anos, a mais recente e mais significativa que tivemos foi dada pela Portaria SEPRT nº 916, de 30 de julho de 2019, porém a norma NR12 (ver o anexo VIII). O anexo VIII – prensas e similares da NR12 não têm sofrido modificações desde sua publicação em 1978. (MTE, 2020).

Após atualização em 30 de julho de 2019, alguns itens foram retirados, outros atualizados para a nossa realidade fabril. A atualização veio com o intuito de desburocratizar o setor industrial e equiparar com as normas internacionais vigentes, trazendo assim uma economia para os empresários não desfocando da segurança e saúde que são premissas das normas regulamentadoras (SESI, 2012).

A revisão da NR 12 garantiu a ampliação para que as empresas pudessem realizar as adequações com menos burocracia abrangendo mais vastamente a segurança do colaborador, uma vez que incluiu máquinas fixas e móveis, equipamentos e ferramentas manuais no novo contexto. (MORAES, 2014).

MORAES (2014) comenta que a saúde e integridade física dos colaboradores serão garantidas, uma vez definido e aplicados as referências técnicas que estipula a NR12 em seu texto, elucidando requisitos mínimos no que tange a adequação de máquinas e equipamentos, garantindo segurança e saúde dos trabalhadores nas empresas, em qualquer fase da máquina seja em projeto, limpeza, manutenção e até mesmo o descarte da mesma. Conforme ABIMAQ (2012), os principais objetivos da NR 12 são:

- Segurança do trabalhador;

- Melhorias das condições de trabalho em prensas e similares, injetoras, máquinas e equipamentos de uso geral, e demais anexos;
- Máquinas e equipamentos intrinsecamente seguros;
- Conceito de falha segura;
- Máquinas e equipamentos à prova de burla.

O Conceito de falha segura, citada anteriormente, foi substituído por “estado da técnica”. A Alteração dada pela Portaria nº 857/2015 em substituição do princípio da “falha segura” por “estado da técnica” demonstrou que não há segurança absoluta e o que se procura é alcançar um nível de segurança mais alto e acessível, levando-se em consideração que o “estado da técnica” define limitações, incluindo custo x benefício, para fabricação, utilização, manutenção de máquinas e equipamentos envolvidos no processo fabril (FIESP, 2015)

O texto abordado pela portaria descrita acima, demonstra a preocupação em descaracterizar a adequação de máquinas e equipamentos em gastos excessivos;

Alcançar segurança em maquinário absoluta é algo fora da realidade se considerarmos custos de adequação, limites de fabricação do maquinário e a utilização do mesmo. Com a alteração dada pela Portaria nº 857/2015 que substituiu o princípio de “falha segura” por “estado da técnica”, mostrou que o que se pretende com os itens normativos é se alcançar o mais alto nível de segurança, e não a segurança absoluta o que seria inacessível. O mais alto grau de segurança que se pode atingir leva-se em consideração as limitações que um projeto de segurança pode apresentar durante sua elaboração, porém não deixando a segurança do colaborador em segundo plano, pelo contrário, preservando sua saúde física e mental durante seu período de labor. FIESP (2015)

As principais atualizações realizadas em julho de 2019 nesta norma regulamentadora, segundo

MTE (2020), trouxeram uma maior agilidade e cooperação por parte dos empresários na implementação da mesma, retirando algumas adequações obrigatórias pela norma e que se tornaram obsoletas na atualidade.

2.3 - NBR 1453:2013

Na hierarquia de Normas Brasileiras, existem 4 tipos, classificadas segundo ABIMAQ (2012) em:

Tipo A: São normas fundamentais de segurança, pois definem os conceitos e princípios fundamentais de projetos de toda à máquina.

Tipo B: São normas aplicadas à um determinado grupo, por exemplo: dispositivos elétricos.

Tipo B1: São normas sobre alguns aspectos particulares de segurança, como por exemplo distancias de segurança etc.

Tipo B2: São normas de dispositivos que serão aplicados nas máquinas para promoção de segurança, como por exemplo proteções, bi manuais, etc.

Conforme Figura 2.1, são ilustrados os tipos de normas e suas categorias:

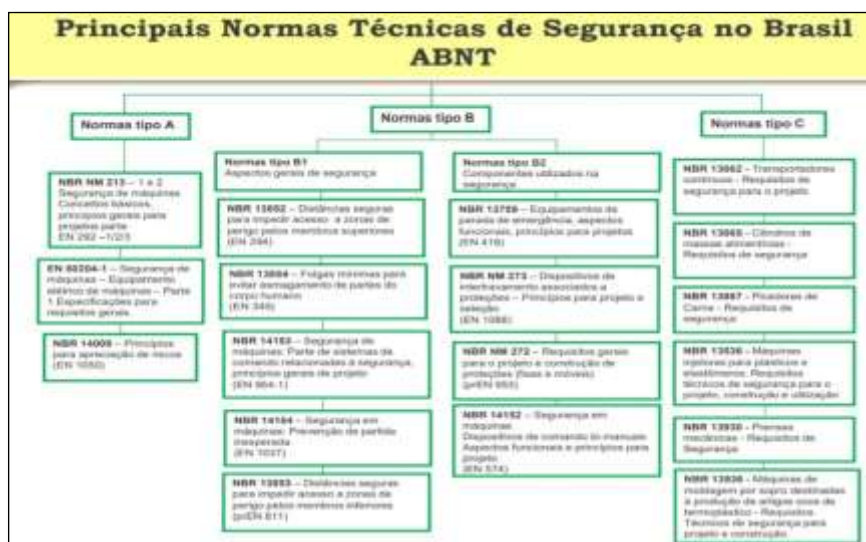


Figura 2.1 - Normas ABNT de segurança.

Fonte: ABIMAQ (2012).

A NBR 14153:2013 é uma norma brasileira que possui um modelo de categorização de risco baseado na NBR 14009, uma norma conforme ABIMAQ (2012) tipo A, ou seja, norma para adequação de máquina em fase de projeto.

Segundo as suas proposições, deve-se iniciar a apreciação de riscos das máquinas (constante na ABNT NBR 14009), onde o projetista deverá decidir qual nível de segurança adotar conforme análise pelo Anexo B da ABNT NBR 14153. Mesmo fazendo-se essa análise não se consegue atingir na totalidade, algumas funcionalidades não

conseguem ser atingidas pelo uso da ferramenta de análise, requerendo que a mesma seja feita em várias situações de acesso pelo trabalhador.

O Anexo B desta ABNT NBR 14153, categoriza o grau de risco da máquina e os passos a serem galgados para se atingir um nível satisfatório de segurança em máquinas. Para cada grau de risco encontrado, aplica-se uma categoria de Normas ABNT, atingindo assim o grau maior de adequação.

Algumas variáveis devem ser consideradas para se definir o grau correto de risco da máquina em estudo. Conforme especificado em Anexo B da ABNT NBR 14153:2013, 3 são as variáveis que devem ser estudadas para a graduação de risco em máquinas:

1. A severidade do ferimento (representada por S) geralmente é mais fácil de ser qualificada, pois se refere às mazelas que podem ocorrer em um acidente com máquinas sem adequação conforme norma, como por exemplo, laceração, amputação, fatalidade;

2. Já para a frequência da ocorrência, alguns parâmetros auxiliares são usados para melhorar a estimativa como por exemplo; frequência e tempo de exposição ao perigo (F);

3. A possibilidade de evitar o perigo (representada por P) vem da experiência do projetista em detectar situações em que o colaborador possa sair de uma situação de perigo sem sequelas ou com poucas sequelas

O estudo é feito através da combinação desses parâmetros, dada à uma definida situação de risco/perigo estudada. A categoria preferencial é a indicada pelo círculo maior totalmente cheio.

Conforme ABNT NBR 14.153/2013-ANEXO B – Guia para seleção de categorias, a análise de risco em máquinas deve levar em consideração os parâmetros dispostos por este anexo na quantificação do grau de risco em máquinas e equipamentos.

O ponto de partida será o mais externo à esquerda, sempre analisando a máquina por pontos de risco/perigo encontrado.

Para cada categoria encontrada a tratativa muda, o nível de segurança aumenta significativamente.

A categoria B, não é admitida para fase de projeto, segundo ABNT NBR 14153/2013, já as categorias 1, 2, 3, e 4 devem ser avaliadas desde a fase primária de criação da máquina até o consumidor final. A concepção de máquina deve preferencialmente planejada para atender todos os requisitos de segurança que envolvem o processo de tal maquinário conforme NR12 – Segurança em máquinas e equipamentos MTE (2020), conferindo assim uma maior confiabilidade no processo e segurança dos trabalhadores envolvidos.

Na Figura 2.2, é visualizado toda a ABNT NBR 14.153/2013-ANEXO B conforme categorização de risco de acidentes, no qual será o ponto de partida para a proposta desta dissertação.

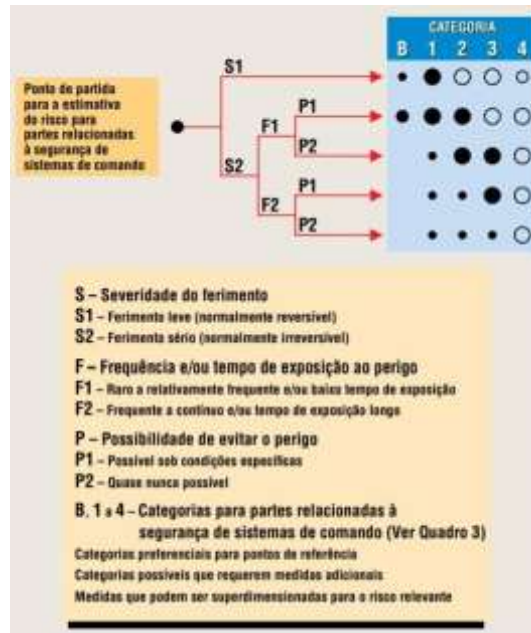


Figura 2.2 - Anexo B ABNT NBR 14156.
Fonte: SESI (2012).

2. 4 - LÓGICA FUZZY

2.4.1 - Conceito lógica Fuzzy

Conforme ZAVALETA (2017), na lógica tradicional Aristotélica as coisas são bem definidas, cada objeto, figura, animal, tudo pertence à uma categoria pré-definida, não havendo subconjuntos. São definições absolutas, que não permitiriam outras interpretações, porém, no tudo isso se encontra em um mundo ideal. No cotidiano essa lógica não configura em realidade, pois como definir o que é bom ou ruim? Quem é alto, baixo, magro, gordo? Tudo é uma questão de quem está avaliando, os olhos do observador que vai definir esse contexto e se tivermos vários observadores teremos várias respostas para a mesma questão.

Sempre que se quiser o resultado do modelo construído adequado à realidade, a lógica Fuzzy se faz presente, pois consegue trabalhar no âmbito das incertezas. Onde os resultados podem não tão somente gravitar entre “sim” e “não”, mas um “talvez”, por exemplo (PEREIRA, 2016)

2.4.2 - Contribuição da lógica Zadeh para a lógica Fuzzy

A lógica Fuzzy foi criada na década de 60 por Lofti Zadeh, e veio pela percepção de que todas as ferramentas usadas até o momento não conseguiam chegar à um nível satisfatório, pois não conseguiam tratar os problemas reais com suas grandes variedades de soluções possíveis. Ainda segundo o autor, todos os problemas possuem diversos resultados, que não necessariamente respostas de “sim” ou “não”, a variedade é imensa, o ser humano é um ser cheio de possibilidades, e na visão de Zadeh a ferramenta de análise deveria considerar tal diversidade (ZAVALETA, 2017).

Segundo KRYKHTINE *et al.* (2013), a lógica Fuzzy, introduzida por Lofty Zadeh em 1965, pode ser tratada-se como uma teoria de conjuntos nebulosos, torna-se extremamente eficaz no tratamento de dados vagos, obtendo-se dados com precisão.

Esta forma de análise veio para tratar do aspecto vago da informação, é baseada em graus de pertinência (graus de verdade), podemos pensar em vários graus de pertinência entre 0 e 1. A Lógica Fuzzy classifica em números uma determinada realidade ou situação onde o resultado pode ser muitas variáveis incertas e vagas, facilitando assim o trabalho e manipulação dos dados, conforme SARAGIOTO E PEREIRA (2012).

Por estas características, a lógica Fuzzy, é considerada imprecisa, nebulosa, pois a forma de tratamento de dados é por aproximação (STURM, 2005). Nem todas as informações poderão ser tratadas pela teoria clássica da probabilidade ou interpretação, cada tipo de incerteza ou imprecisão possui ferramentas apropriadas para estudo (KRYKHTINE *et al.*, 2018). Ainda segundo o autor, a diferença fundamental da Lógica Fuzzy, ou nebulosa para as teorias clássicas é que esta trata de possibilidade e não de probabilidade, incorporando assim vários níveis de precisão, incerteza, pertinência e relações diversas.

2.4.3 - Etapas do raciocínio na lógica Fuzzy

Segundo ZAVALETA (2017), o raciocínio em lógica *Fuzzy* segue 3 etapas distintas entre si e todas elas são utilizadas para o desenvolvimento do raciocínio e soluções de problemas diversos. As etapas, ainda segundo o autor são: a *fuzzificação*, a *inferência*, e a *defuzzificação*, ver Figura 2.3.

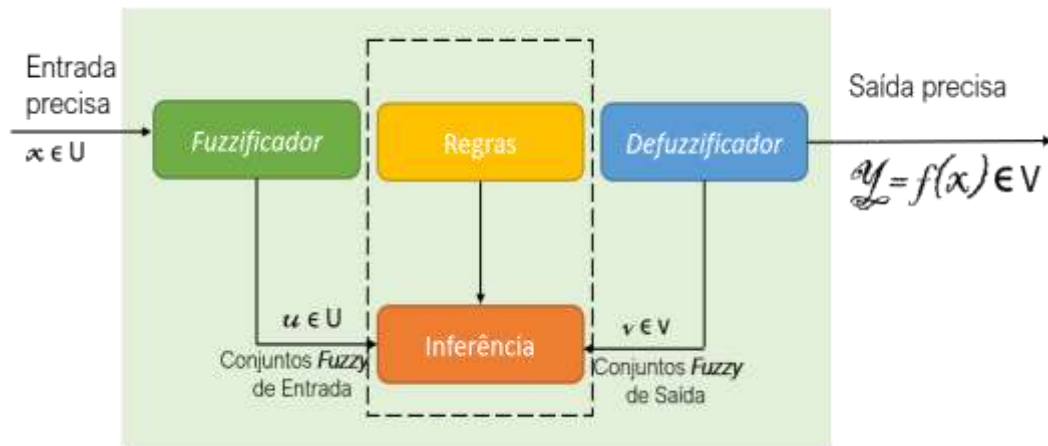


Figura 2.3 - Sistema de Fuzzyficação e Defuzzyficação.
 Fonte: Adaptado de MOREIRA (2020).

O Fuzzificador representa o conjunto de variáveis de entrada Fuzzy que incorporarão o sistema de Fuzzyficação. As regras na lógica Fuzzy podem assumir valores em intervalos não especificados, valores que podem variar entre 0 e 1 por exemplo, sendo a gama de resultados mais precisa, pois mesmo que os dados inseridos não sejam valores absolutos, no momento da defuzzyficação obtém-se um resultado preciso.

Na primeira fase, a fuzzyficação, temos a base de regras onde todos os dados a serem processados são armazenados. Segundo DE MARIA (2010), temos variáveis linguísticas antecedentes e consequentes representadas por conjuntos. Pode-se dizer que as variáveis entram na regra de condições, os antecedentes (IF) e as consequentes (THEN), produzindo saídas para cada condição proposta.

Já na fase de inferência, existe a relação de procura das respostas para as combinações de entrada no modelo de fuzzyficação, analisados a partir das entradas de valores linguísticos no sistema.

Já na etapa da fuzzyficação acontece a transformação das variáveis propostas de entrada em funções de pertinência, agregando desta forma o grau de pertinência de cada valor de entrada.

A última etapa, a de defuzzyficação representa a etapa final, onde os dados foram processados, validados em grau de pertinência e transformados em valores de saída do sistema (DE MARIA,2010).

2.4.4 - Áreas de aplicabilidade da lógica Fuzzy

A lógica fuzzy permite que se encontre resultados de situações imprecisas, nebulosas. O uso desta lógica possibilita a incorporação de uma certa imprecisão em um problema. A lógica fuzzy considera valores reais em sua análise, diferente do sistema de análise usual.

A lógica Fuzzy possui uma aplicabilidade muito extensa e em vários campos das ciências, humanas, exatas, biológicas, dependendo da percepção do analista técnico. Verifica-se na figura 4, que um dos conjuntos possui apenas 10 elementos, porém dependendo da ótica, do estudo e do resultado que se quer obter, esse conjunto pode ser de 15, 20 ou até mesmo 30 elementos. As possibilidades são infinitas e inesgotáveis quando se aumenta o referencial de entrada de uma análise (ZAVALETA, 2017).

$$\left\{ \begin{array}{ccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ & 6 & 7 & 8 & 9 \\ & & & & 10 \end{array} \right\} \quad \left\{ \begin{array}{c} 1\dots 1, 2\dots 1, 3\dots 2\dots \\ \quad 2, 1\dots \\ 2, 3\dots 3\dots 3, 1\dots 3, 2\dots 4\dots 5. \\ \dots 6\dots 7\dots 8\dots 9\dots 10 \end{array} \right\}$$

Figura 2.4 - Percepção da teoria dos conjuntos na lógica Fuzzy.

2.4.5 - Funções de pertinência na lógica Fuzzy

Conforme DO CARMO CORRÊA (2012), a pertinência de um atributo na Lógica *Fuzzy* depende da percepção e experiência que o especialista tem no assunto proposto e essas funções de pertinência podem ser demonstradas de diversas formas as mais comuns são classificadas em:

2.4.5.1 - Função triangular

Na função triangular são necessários 3 pontos (x,y,z) . Esses valores devem atender a regra $a < b < c$. Deve existir algum valor onde a pertinência é 1. A Eq. (2.1), é usada para representar a função triangular.

$$\text{trimf}(x; a, b, c) = \max\left(\min\left(\frac{x - a}{b - a}, \frac{c - x}{c - b}\right), 0\right). \quad (2.1)$$

Na Figura 2.5, é ilustrada a Função triangular.

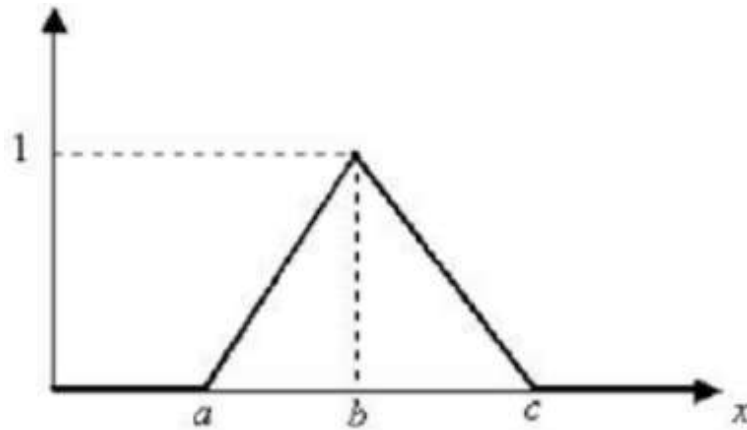


Figura 2.5 - Função triangular.
Fonte: adaptado de FERNANDES (2005).

2.4.5.2 - Função gaussiana

A construção de pertinência Gaussiana utiliza três parâmetros: x , média e desvio padrão. A Eq. (2.2) representa a função de pertinência Gaussiana e na Figura 2.6, é ilustrada a Função Gaussiana.

$$\text{gaussmf}(x, a, b, c) = e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x - c}{\sigma}\right)^2} \quad (2.2)$$

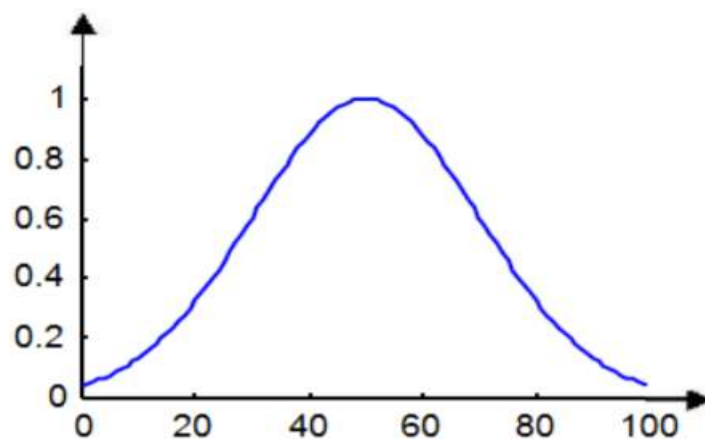


Figura 2.6 - Função sino.
Fonte: Adaptado de FERNANDES (2005).

2.4.5.3 - Função trapezoidal

Na Figura 2.7, é ilustrada a Função trapezoidal.

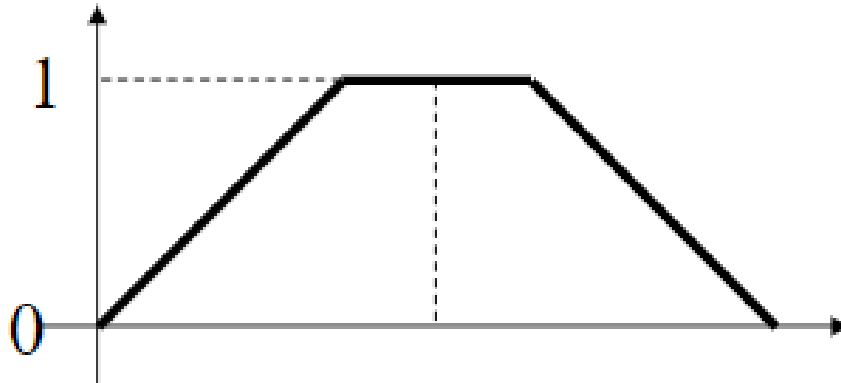


Figura 2.7 - Função trapezoidal.

Fonte: Adaptado de FERNANDES (2005).

Na função trapezoidal de pertinência é representada pela equação 2.3, onde os pontos de obedecem a regra a $a < b \leq c < d$. Uma característica interessante desta função é permitir um intervalo de pertinência de 100%. A Eq. (2.3) representa esta função.

$$\text{trapmf}(x, a, b, c, d) = \max\left(\min\left(\frac{x - a}{b - a}, 1, \frac{d - x}{d - c}\right), 0\right) \quad (2.3)$$

2.5 - MÁQUINAS E INDÚSTRIAS

Em seu caderno de saúde do trabalhador – acidentes do trabalho com máquinas e equipamentos – identificação de riscos e prevenção (VILELA, 2000), máquinas são artefatos criados pelo homem para suprir necessidades de produção e não necessariamente são projetados pelo engenheiro requisitado com características de segurança.

Historicamente estudos demonstram que o ciclo de vida das máquinas no Brasil não foram concebidas em projeto com itens de segurança e em seu ciclo final de uso em uma grande empresa não necessariamente é descartada e sim reutilizada em empresas de pequeno porte onde o risco será ainda mais acentuado podendo nem entrar nas estatísticas de acidentes caso ocorram (VILELA, 2000).

A utilização de máquinas antigas e obsoletas com o mínimo de proteção ou nenhuma, tornam os trabalhadores mais vulneráveis aos acidentes dentro das indústrias (POSSAS, 1989).

Uma breve pesquisa sobre a quantidade de acidentes registrados entre 2012 a 2018 observa-se o montante de 623,8 mil atividades registradas e 2,0 mil notificações de acidentes com óbito, segundo site

SMARTLAB (2020), com ferimentos em mãos, braços, antebraços, cabeça, amputações, dilacerações e inclusive morte.

Refinando-se a busca por acidentes em máquinas e equipamentos em indústria mecânica, encontra-se um total de 98,1 mil acidentes registrados em vários níveis inclusive morte para o mesmo período de 2012 a 2018. Sendo o dedo 24% dos acidentes, mãos 7% e antebraço 4%, conforme SMARTLAB (2020).

Os valores encontrados remontam a importância da adequação das máquinas quando se observa a quantidade de acidentes que são registrados por ano. Conforme observado no site SMARTLAB (2020), a figura 2.8 ilustra a porcentagem de acidentes por grupos causadores, evidenciando de forma contumaz a participação dos maquinários neste cenário, representando 15% de um total de 66,5 mil acidentes (dados coletados de 2012 a 2018), sendo somente com máquinas e equipamentos um total de 528.485 mil acidentes.

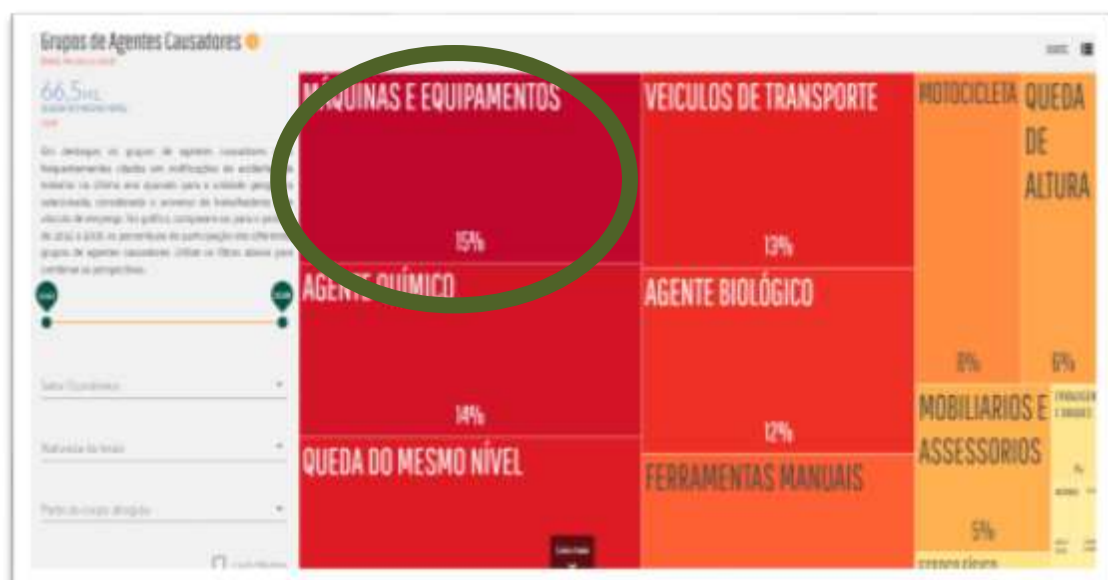


Figura 2.8 - Participação de máquinas e equipamentos em acidentes de trabalho de 2012 a 2018.
Fonte: SMARTLAB (2020).

Dentre os 15% de acidentes com máquinas e equipamentos, 2% ocorreram com prensas hidráulicas, o que representa um quantitativo de um pouco mais de 10.569 mil acidentes com esse tipo de equipamento, o que demonstra a preocupação em termos de segurança com prensas. Os acidentes com prensas são considerados graves, muitas vezes causam mutilação e em casos mais extremos morte.

Nesta mesma linha de pensamento, as máquinas mais perigosas, pelas lesões geradas, como perda de dedos, mãos e em muitos casos levando à óbito, são as prensas, guilhotinas, cilindros e calandras, impressoras e serras e as injetoras de plástico, conforme SILVA (1995).

Conforme NOBRE JUNIOR (2009), um estudo mais apurado destes acidentes com prensas, irá revelar que o acesso à parte de alimentação da máquina geralmente é feito na zona de prensagem onde em sua grande maioria ocorre os acidentes por não haver barreiras de luz, calços, sensores, tendo em sua forma mais primitiva de funcionamento o acesso por pedais para subida e descida do martelo para a realização da prensagem.

Conforme MAGRINI E MARTORELLO (1989), as prensas onde os acidentes eram recorrentes não possuíam nenhum dispositivo de proteção, quando eram instalados eram suscetíveis a burlas, que atenuasse o risco de acesso à zona de prensagem.

2.6 - PRENSAS

Conforme Norma regulamentadora NR12 – Anexo VIII – prensas e similares, dada pela Portaria Mtb nº 873, de 06 de julho de 2017 (MTE, 2020), as prensas são máquinas utilizadas para conformação e corte de materiais e que podem ter seu sistema de funcionamento hidráulico ou pneumático, cilindro hidráulico ou pneumático ou ainda sistema mecânico, realizando trabalho por movimento rotativo por meio de sistema de bielas, manivelas, conjunto de alavancas ou fusos.

Segundo MORAES (2014), as prensas possuem diversas classificações que podem variar conforme sua aplicabilidade, tamanho, peso, capacidade de prensagem. As prensas por acionamento podem ser classificadas em manuais, mecânicas, hidráulicas e pneumáticas.

As prensas hidráulicas, segundo Anexo III – NR12 – Segurança em máquinas e equipamentos (MTE, 2020), podem ser do tipo;

2.6.1 - Mecânicas excêntricas de engate por chaveta ou acoplamento equivalente

Curso de trabalho limitado, energia constante e força variável do martelo (dependendo da altura do trabalho), são algumas das características das prensas mecânicas excêntricas de engate por chaveta ou acoplamento equivalente. Seu funcionamento se dá pelo acionamento de um pedal (podendo ser elétrico, mecânico ou hidráulico), fazendo com que um pistão mecânico ou hidráulico movimente um pino em forma de “L” que puxará a mola resultando no acoplamento da chaveta rotativa à bucha de engate, fazendo com que o conjunto eixo-bucha tenha rotação necessária para movimentar a biela, evidenciando assim o movimento de subida e descida do martelo (SARAIVA JUR, 2018).

Conforme PEREIRA E SILVA (2015), custo de produção baixo e manutenção barata justificam o uso em grande escala no Brasil desta prensa. Porém, esta máquina possui uma falha mecânica muito comum e extremamente perigosa, que é a repetição de golpe, ou mais comumente conhecida como “repique”.

Esta ocorrência é devida a falhas mecânicas ou quebra da chaveta, ocasionando a queda involuntária do martelo, motivo pelo qual institui-se o uso do calço, um ferramental que proporciona segurança ao colaborador, impedindo que o martelo desça a zona de prensagem e possa acidentiar o operador (SILVA, 2018).

A Figura 2.9 ilustra uma prensa excêntrica com de engate por chaveta ou acoplamento equivalente.

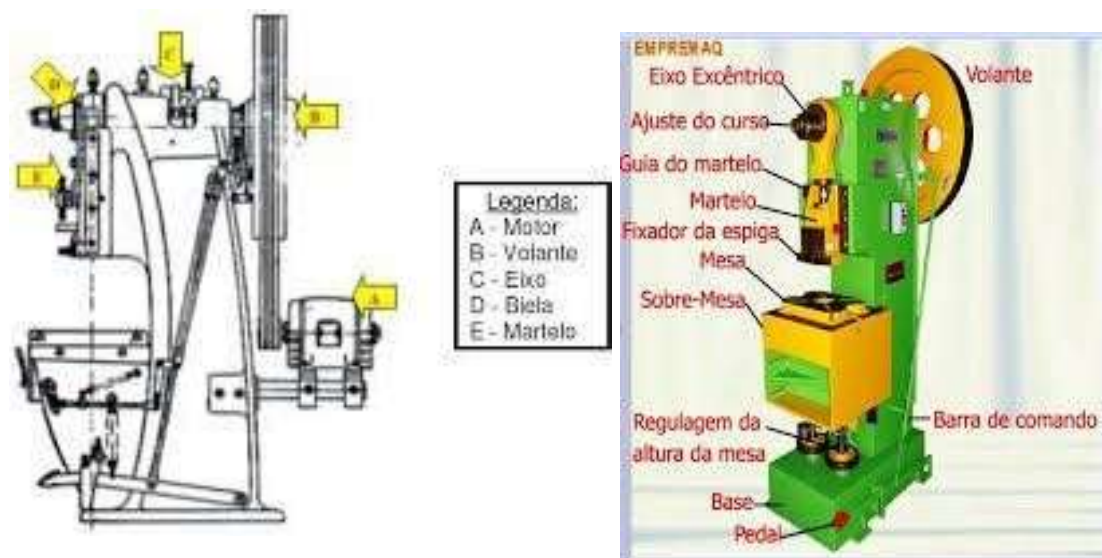


Figura 2.9 - Prensa mecânica excêntrica de engate por chaveta.
Fonte: NASCIMENTO (2020).

2.6.2 - Mecânicas excêntricas com freio-embreagem

Os princípios de funcionamento destas prensas são semelhantes aos observados nas prensas com engate por chaveta, porém, as excêntricas com freio-embreagem, possuem sistema de válvulas (pneumáticas ou hidráulicas) que recebem um sinal do pedal (podendo ser elétrico, pneumático ou hidráulico) ou mesmo de comando bi manual, liberando o freio a partir da entrada de fluido no sistema (SARAIVA JUR, 2018).

Assim como nas prensas engate de chaveta, também pode ocorrer o fenômeno “repique” ou queda do martelo, em caso de falha na válvula ou desgaste do freio, conferindo assim proteções mecânicas, sistemas supervisórios como sensores, cortinas de luz, relé, etc. (PEREIRA; SILVA ,2015).

A Figura 2.10 ilustra uma prensa excêntrica com freio-embreagem.



Figura 2.10 - Prensa mecânica excêntrica com freio/embreagem.
Fonte: BECKER *et al.* (2006).

2.6.3 - Prensas mecânicas de fricção por acionamento por fuso

São comumente conhecidas como prensas tipo parafuso ou prensas por fuso. É composta por dois volantes laterais que friccionam o volante central na parte superior do fuso, realizando assim o movimento de subida e descida do martelo. Uma das características desta prensa é de não ser de ciclo completo, ou seja, podem ser paradas em

qualquer ponto da operação, sem muita precisão pois há inércia do sistema (PEREIRA; SILVA, 2015).

A Figura 2.11 ilustra uma prensa de fricção por acionamento por fuso.



Figura 2.11 - Prensa mecânica de fricção com acionamento por fuso.
Fonte: BECKER e MISTURINI (2011).

2.6.4 - Prensas hidráulicas

Dentre as prensas, as hidráulicas são as que possuem maior capacidade de força de estampagem. A característica principal destas prensas é que em qualquer ponto do percurso sua força é constante. Estas prensas são multiplicadoras de força e precisam de sistemas de proteção completo com redundância devido sua característica (SILVA, 2008).

Conforme SILVA (2008), falhas a que estão sujeitas estas prensas são queda de martelo, avanço involuntário, comando de válvulas que não acionam quando desligadas, entre outras. Além disso, temos também alguns perigos inerentes do tipo de atividade desempenhada na prensa, como mãos dentro da área de prensagem para colar e retirar material estampado.

A Figura 2.12 evidencia-se uma prensa hidráulica com a zona de prensagem desprotegida.



Figura 2.12 - Prensa hidráulica com zona de prensagem desprotegida.
Fonte: FIERGS, Manual de Segurança em Prensas e Similares (2006).

A Figura 2.13 ilustra uma prensa hidráulica com a zona de prensagem protegida por gradis, sensores e comando bi manual:



Figura 2.13 - Prensa hidráulica protegida.
Fonte: SILVA (2008).

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - METODOLOGIA

As prensas tem se configurado através dos anos, um maquinário de extrema importância devido aos tipos de acidentes que podem causar ao trabalhador. A dificuldade em se fazer a correta adequação, advém, muitas vezes da falta de conhecimento das lesões que podem ocasionar e em que parte da máquina elas podem ocorrer.

Com esta temática, o presente trabalho utiliza um modelo de inferência, fundamentado em Lógica Fuzzy, para mensurar o grau de risco de máquinas e equipamentos a partir de variáveis predispostas em norma ANBNT:NBR 14153:2013. Utilizou-se como variáveis de relevância a Severidade do Ferimento (S), Frequência e/ou tempo de exposição ao perigo (F), Possibilidade de evitar o perigo (P).

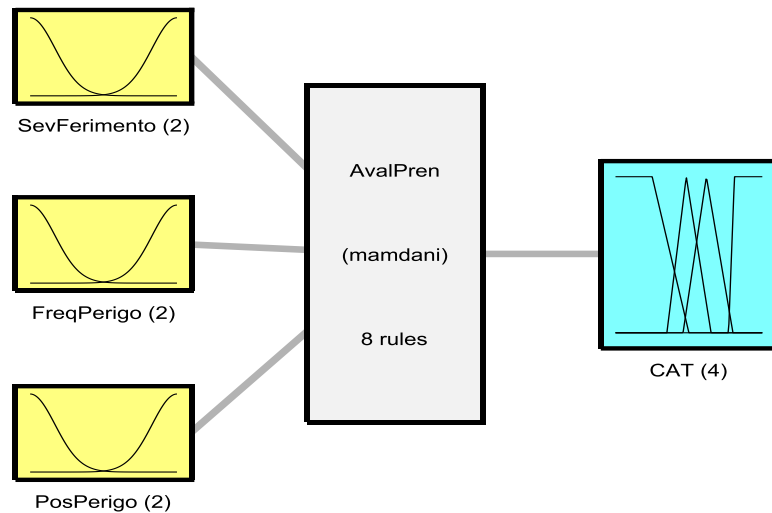
O modelo baseia-se no quadro de categoria do ANEXO B da ABNT NBR14153/2013 e ilustrado na figura 3.3. As variáveis de fuzzificação e seus valores linguísticos, são apresentados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Funções de pertinência do sistema.

| VARIÁVEIS DE ENTRADA | POSSIBILIDADES | CAT – Categoria de Risco VALOR LINGUÍSTICO SAÍDA) |
|---------------------------------------|-----------------------|--|
| Severidade do Ferimento (S) | S1 | B CAT1 CAT2 CAT3 CAT4 |
| | S2 | |
| Frequência de exposição ao perigo (F) | F1 | |
| | F2 | |
| Possibilidade de se evitar o dano (P) | P1 | |
| | P2 | |

Obs.: O CAT é a variável linguística de saída, é o grau de risco.

Na Figura 3.1, ilustra-se a implementação do modelo de simulação do grau de risco conforme ABNT NBR14153/2013 em seu ANEXO B.



System AvalPren: 3 inputs, 1 outputs, 8 rules

Figura 3.1 - Variáveis de entrada e saída do modelo proposto.

As variáveis de entrada e saída do sistema são previamente definidas pela ABNT NBR14153/2013 em seu ANEXO B, a definição da categoria será dada pelo conjunto de entradas conforme conhecimento prévio da máquina e seus possíveis acidentes. Sendo assim, as variáveis do sistema podem ser descritas da seguinte forma:

- a) Severidade do ferimento S - (SevFerimento): nesta variável analisa-se os ferimentos ocasionados ao colaborador caso haja algum tipo de falha no sistema de comando da máquina. Esta categorização deve-se levar em conta a severidade do acidente: contusões e/ou dilacerações sem complicações devem ser classificadas como S1, já em situações de amputação e até morte devem ser classificadas como S2. Normalmente S1 implica-se ferimentos reversíveis, que causam incapacidades laborais temporárias, já S2, é considerada grave, não havendo possibilidade de reversão do ferimento, cerceando por definitivo a capacidade laboral ou mesmo tendo como resultado a morte.

A Figura 3.2 ilustra que a fuzzificação desta variável é a função sino.

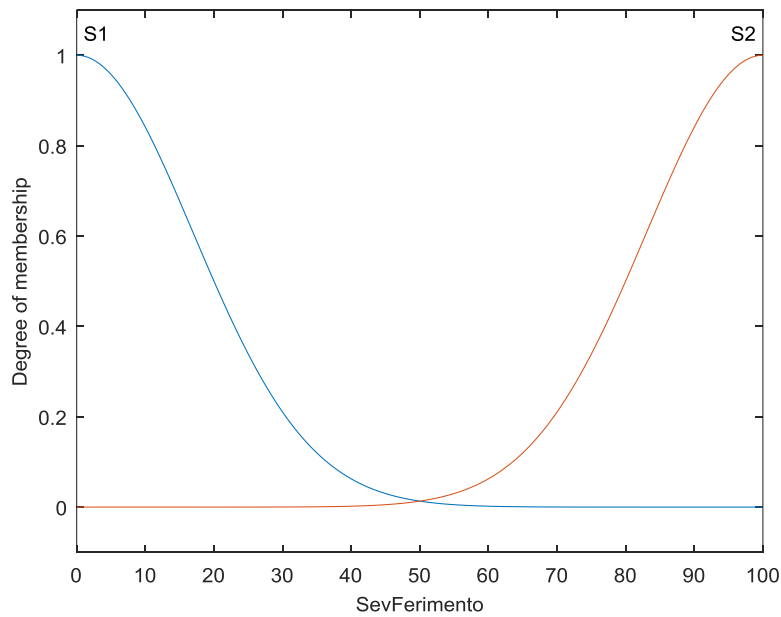


Figura 3.2 - Variáveis SevFerimento (Severidade do Ferimento).

- b) Frequência e/ou tempo de exposição ao perigo F - (FreqPerigo): não há em norma uma especificação de espaço de tempo, a análise prossegue levando-se em consideração se o trabalhador está exposto frequentemente ou continuamente ao perigo, F2 deve ser escolhido. Operadores de máquinas que devem colocar e retirar peças de dentro da máquina por exemplo, estão constantemente expostos ao perigo, portanto a escolha seria a variável S2. A Figura 3.3, visualiza a fuzzição desta variável.

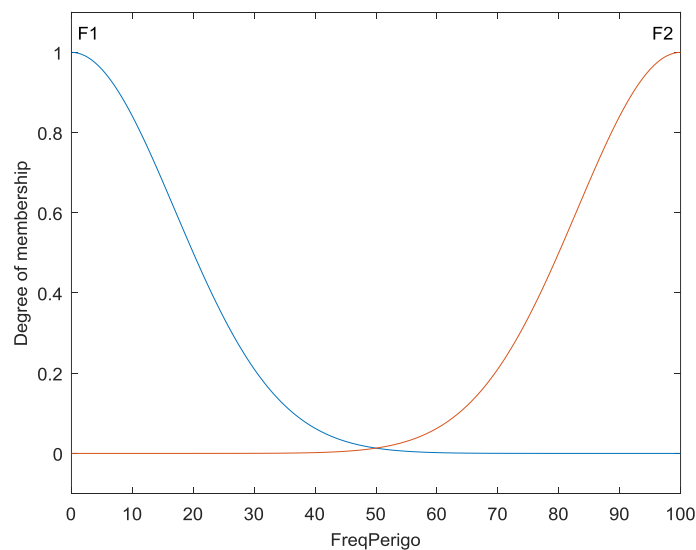


Figura 3.3 - Variáveis FreqPerigo (Frequência e/ou tempo de exposição ao perigo).

- c) Possibilidade de evitar o perigo P - (PosPerigo): neste parâmetro leva-se em consideração qual a possibilidade de se evitar o perigo quando ele aparece, antes de ocorrer o acidente propriamente dito. Alguns aspectos devem ser levados em consideração como por exemplo:
- A operação é feita com ou sem supervisão?
 - A operação é realizada por especialistas ou não profissionais?
 - Qual a velocidade com que o perigo aparece – rapidamente ou lentamente?
 - A possibilidade de se evitar o perigo pode ser por fuga ou por intervenção de terceiros?
 - Quais as experiências práticas de segurança relativas ao processo?

A subcategoria P1 só deve ser escolhida em casos reais em que se pode evitar o acidente ou reduzir significativamente o seu efeito, já P2 deve ser usado quando não há chance alguma de se evitar o acidente.

A Figura 3.4, ilustra a fuzzificação desta variável, e assim como as anteriores, segue a função sino.

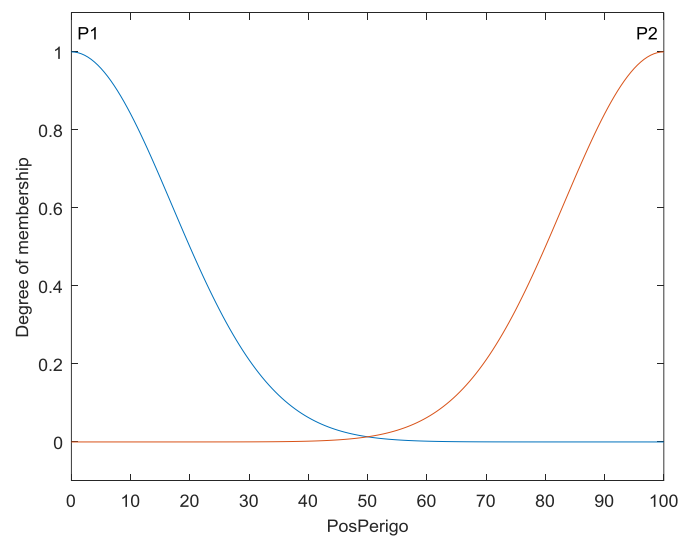


Figura 3.4 - Variáveis PosPerigo (Possibilidade de evitar o perigo).

- d) Categoria do Risco - CAT: Esta variável resulta no grau de risco da máquina que está sendo analisada. O resultado desta interação é triangular, conforme ilustrado pela fuzzificação na Figura 3.5.

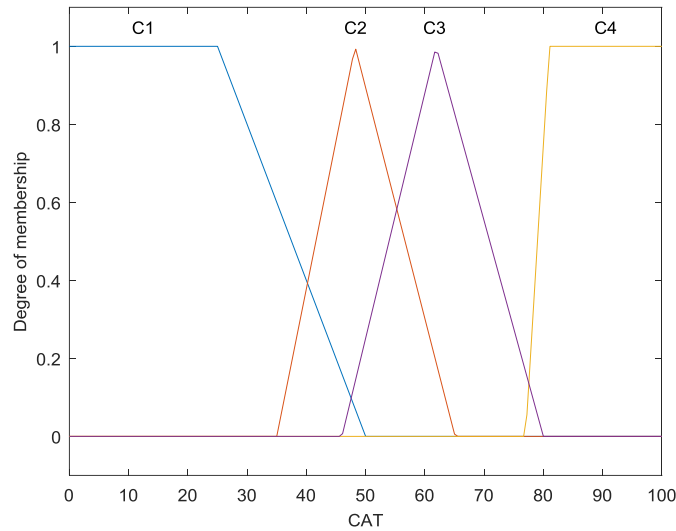


Figura 3.5 - Variáveis de saída – CAT (categoria de risco de máquina).

O conjunto de regras de inferência desta aplicação do modelo proposto podem ser observadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Regras do modelo proposto.

-
- 1.If (SevFerimento is S1) and (FreqPerigo is F1) and (PosPerigo is P1) then (CAT is C1) (1);
 - 2.If (SevFerimento is S1) and (FreqPerigo is F1) and (PosPerigo is P2) then (CAT is C1) (1);
 - 3.If (SevFerimento is S1) and (FreqPerigo is F2) and (PosPerigo is P1) then (CAT is C1) (1);
 - 4.If (SevFerimento is S1) and (FreqPerigo is F2) and (PosPerigo is P2) then (CAT is C1) (1);
 - 5.If (SevFerimento is S2) and (FreqPerigo is F1) and (PosPerigo is P1) then (CAT is C2) (1);
 - 6.If (SevFerimento is S2) and (FreqPerigo is F1) and (PosPerigo is P2) then (CAT is C3) (1);
 - 7.If (SevFerimento is S2) and (FreqPerigo is F2) and (PosPerigo is P1) then (CAT is C3) (1);
 - 8.If (SevFerimento is S2) and (FreqPerigo is F2) and (PosPerigo is P2) then (CAT is C4) (1);
-

3.2 - INFERÊNCIA FUZZY PARA O MODELO PROPOSTO

O grau de risco de uma prensa pode variar de 1 a 4 e depende da análise realizada, condições do maquinário e experiência do operador. Esses fatores influenciam no resultado final, podendo ocultar problemas graves de segurança caso o estudo não seja feito com minúcia.

Para ajudar no julgamento mais preciso do grau de risco, foram utilizadas as 3 características para julgamento de grau de risco em máquinas, utilizando como base Anexo B da ABNT NBR14153/2013, e a partir delas foram criadas funções de pertinência.

O intervalo utilizado foi de 0 a 100, correspondendo à cada uma das duas possibilidades 50% de chance de serem selecionadas durante a análise

A combinação dessas funções de pertinência, resultará em graus de risco que podem ser observadas na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Resultado de combinações das funções de pertinência.

| Grau de Risco | Combinação das funções de pertinência Possíveis |
|---------------|---|
| B | S1 |
| 1 | S1 |
| 2 | S2-F1-P1 |
| 3 | S2-F1-P2 |
| | S2-F2-P2 |
| 4 | S2-F2-P2 |

Nota-se que o grau de risco possui quatro combinações distintas, sendo definida pelo tempo de exposição, ferimento e possibilidade de se evitar o perigo a que o colaborador está exposto durante seu período laboral. Cada variável do modelo possui duas possibilidades distintas, entre grave e não grave, a combinação dessas possibilidades resulta nos finais, os graus de risco de um maquinário, podendo o analisador pairar entre várias possibilidades, ao invés de grave e não grave.

3.3 - REGRAS APLICADAS

Conforme verifica-se na Tabela 3.3, cada combinação resulta em um grau de risco de máquina. Para a análise proposta deste estudo, a escolha foi a prensa hidráulica onde seu funcionamento, conforme explicado anteriormente, atende por ciclos, ou seja, cada ciclo é completado após iniciado, tornando assim o maquinário de alto grau de risco, pois é impossível de se evitar o acidente quando o maquinário não está devidamente adequado com os itens de segurança normativos. O grau de risco para este maquinário é o maior na categoria de risco normativo, 4, análise para este maquinário é ferimento grave, podendo ser até morte, frequência do operador no maquinário é considerado constante pois em sua grande maioria o operador fica durante todo seu turno no equipamento, colocando e retirando peças performadas, precisando para isso inserir mãos e braços dentro do

maquinário onde faz a prensagem, tornando-se impossível o salvamento do indivíduo com vida ou íntegro, pois após a prensagem esse maquinário não desarma se desligado o equipamento, respondendo por ciclos ele continua o trabalho até sua posição final. Os acidentes nestes casos sempre são, amputação, dilaceração, e em casos mais extremos, morte.

As categorias B e 1 são obtidas apenas pelo grau mínimo de severidade, são ajustes pequenos para adequação que não causam prejuízo à integridade física do operador.

A toda adequação realizada, o processo de análise de grau de risco deve ser refeito para se entender em que grau se encontra a máquina e quais adequações ainda deverão ocorrer.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - ESTUDO DE CASO

Os dados para implementação desta foram obtidos em uma empresa do ramo termoplástico do Polo Industrial de Manaus.

Foi utilizada uma prensa de pequeno porte (uma enfardadeira) para a realização desta análise, os dados foram testados no modelo de inferência comparando antes e depois da adequação, mostrando assim a eficácia do modelo proposto.

Foi feita uma primeira análise com o maquinário antes da adequação, sem os dispositivos de segurança instalados, verificando pontos de atenção e risco/perigo. A partir desses dados, usou-se o modelo de inferência proposto e verificou-se o Grau de risco em que se encontra o maquinário.

Após essa primeira abordagem, segue-se para a segunda simulação, logo após a adequação da prensa. Foi mencionado os itens de segurança instalados e novamente os seus dados foram inseridos no modelo de inferência proposto para verificação do novo grau de risco da máquina.

Dentro dessas análises conseguiu-se verificar se o maquinário teve ou não uma redução considerável de grau de risco, migrando de um grau 3 para grau 1 de risco, o menor na tabela do ANEXO B da ABNT. Conforme Anexo B – ABNT NBR 14153:2013, quanto menor o CAT, maior a segurança da máquina, e é neste estágio que se pretende chegar, para que não haja acidentes que incapacitem ou mesmo culminem em morte dos colaboradores.

Ao analisar a prensa enfardadeira ilustrada na Figura 4.1, verifica-se que a mesma em seu estado inicial possuía poucos itens de segurança, não garantindo assim a segurança dos colaboradores da empresa.

A Figura 4.1 ilustra o maquinário objeto deste estudo e alguns problemas de segurança detectado segundo itens normativos. Os itens em desacordo com a ABNT NBR 14153 seguem:



Figura 4.1 - Prensa enfardadeira sem procedimento visível.

- Falta procedimento de operação visível na máquina;
- Condicionar procedimento de manutenção corretiva e preventiva das máquinas;



Figuro 4.2 - Demarcação do piso.

- Falta demarcação adequada do piso;



Figura 4.3 - Fixação do maquinário.

- Maquinário não está fixado ao chão;



Figura 4.4 - Sinalização.

- Falta placa indicando EPI's que devem ser utilizados;



Figura 4.5 - Sensoriamento.

- Verificar o sensoriamento que se encontra em condição duvidosa. Aparentemente está inoperante por ocasião de algum impacto sofrido;



Fonte 4.6 - Quadro elétrico e comandos elétricos.

- Realizar Aterramento adequado na máquina seguido de laudo, conforme NBR-5419, NBR-5410 e NR-10;
- Caixa de comando elétrico inadequado conforme norma regulamentadora NR10.

Aplicando essas falhas de segurança encontradas no equipamento, no modelo proposto de inferência fuzzy, temos o seguinte resultado:

Tabela 4.1 - Funções de pertinência do sistema antes da adequação.

| Acidentes possíveis | Severidade do Ferimento (S) | Frequência de exposição ao perigo (F) | Possibilidade de se evitar o dano (P) | Valor linguístico (Saída) |
|---------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| Entorse | S1 | F1 | P1 | CAT 1 |
| Amputação | S2 | F2 | P1 | CAT 3 |
| Choque | S2 | F2 | P1 | CAT 3 |
| Sis. Fuzzy % | 74% | 81,3% | 35,5% | 63% |

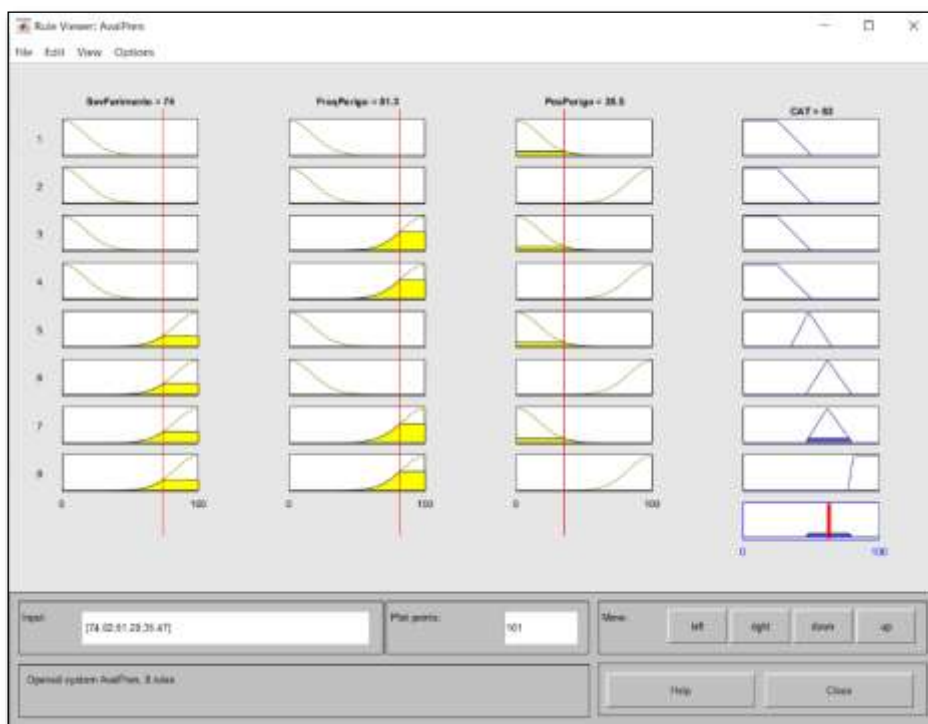


Figura 4.7 - Visualizador de regras.

O visualizador de regras ilustrado na figura 4.7, demonstra que o CAT é de 63%, ou seja, CAT 3.

Nas condições encontradas no maquinário, observa-se dois tipos de acidentes que pedem modificações na segurança do equipamento, a amputação e o choque, pois conferem ao maquinário grau de risco 3 (CAT 3).

Amputação por acesso à área de prensagem da prensa, na retirada do fardo do maquinário, podendo ser evitado.

O modelo *fuzzy* para os dados apurados no estágio inicial da prensa hidráulica segue ilustrado na Figura 4.8.

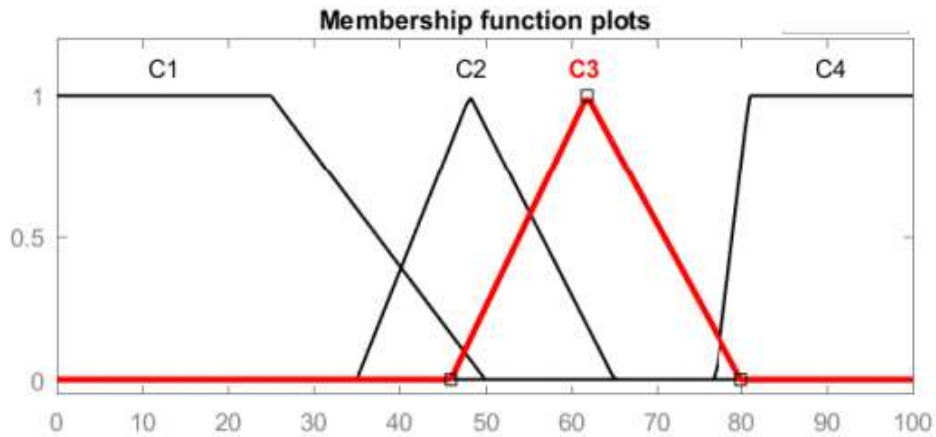


Figura 4.8 - Categoria de risco prensa antes da adequação.

Como parte da adequação, foi colocado sensor eletromagnético de intertravamento na porta de entrada de material da prensa, desta forma somente poderá ser operada com a porta fechada, quadro elétrico reformulado, redimensionado, cabeamentos trocados e botões de comando trocados. Pés da prensa fixados ao chão sem risco de tombamento do maquinário durante operação.

Após adequação no maquinário, eliminando as condições inseguras encontradas inicialmente, verifica-se a modificação ilustrada a seguir e novamente se usa o modelo matemático para avaliar a nova categoria de segurança do maquinário.



Figura 4.9 - Fixação maquinário.



Figura 4.10 - Sensoriamento.



Figura 4.11 - Quadro elétrico.

Após adequação, aplicou-se novamente os conceitos do modelo para achar a nova categoria de risco (CAT) do maquinário conforme Tabela 4.2:

Tabela 4.2 - Funções de pertinência do sistema após adequação.

| Acidentes possíveis | Severidade do Ferimento (S) | Frequencia de exposição ao perigo (F) | Possibilidade de se evitar o dano (P) | Valor linguístico (Saída) |
|---------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| Entorse | S1 | F1 | P1 | CAT 1 |
| Amputação | S1 | F2 | P1 | CAT 1 |
| Choque | S1 | F2 | P1 | CAT 1 |
| Sis.Fuzzy | 22,6% | 22,1% | 35,5% | 24,1% |
| % | | | | |

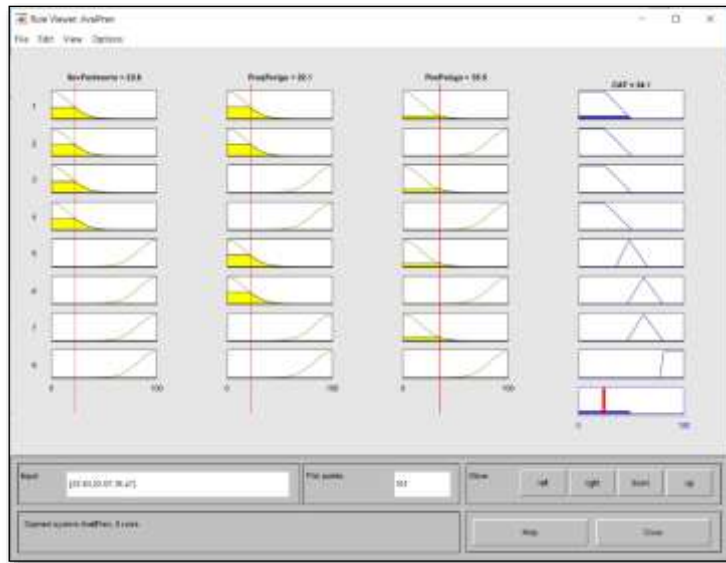


Figura 4.12 - Visualizador de regras.

A nova categoria de risco é CAT 1, tornando o equipamento adequado para manuseio. O visualizador de regras ilustrado na Figura 4.12, demonstra que o CAT é de 24,1%, ou seja, CAT 1.

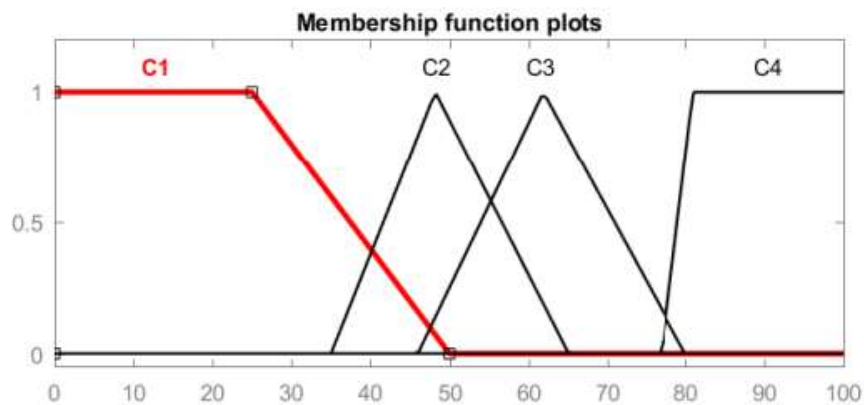


Figura 4.13 - Categoria de risco prensa depois da adequação.

Quanto mais gravoso a referência de análise utilizada (S2, F2, P2), maior será o grau de risco da máquina.

Ao se analisar a Figura 4.13, verifica-se que quando o a frequência de exposição ao perigo e a severidade do ferimento forem baixas, a CAT (categoria de risco) também será baixa, o mesmo ocorre se representa a frequência de exposição ao perigo e a severidade do ferimento forem altas, a CAT tende a ser um grau alto.

Na Figura 4.14, verifica-se janela de superfície gerada pelo matlab do modelo de estudo proposto, onde pode-se observar que quanto maior a severidade do ferimento, maior tempo de exposição do colaborador ao equipamento durante sua jornada de trabalho, maior será o grau de risco deste maquinário e maior será a necessidade de se adequar esse equipamento.

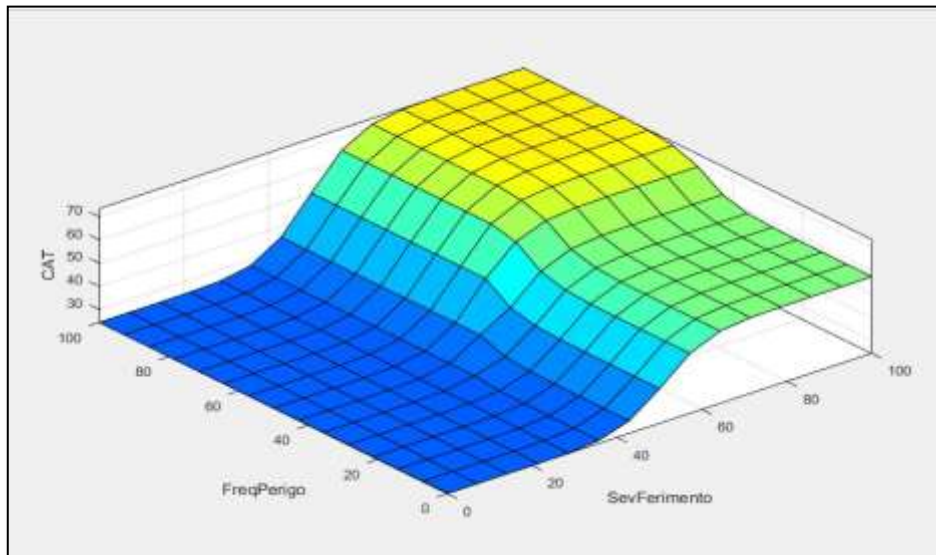


Figura 4.14 - Análise de superfície do grau de risco.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO

5.1 - CONCLUSÃO

Aplicando o modelo em lógica Fuzzy, verifica-se o verdadeiro grau de risco da máquina, antes e depois da adequação, no caso em tela o grau de risco reduziu de grau de risco 3 (CAT3) para grau de risco 1 (CAT1), isso significa que o maquinário encontra-se adequado para manuseio, os acidentes que poderiam ocorrer antes da adequação não acontecerão pois os dispositivos de segurança acoplados no maquinário garantem a segurança do operador.

A redução de dois graus de risco em um maquinário implica muita modificação em estrutura e conceito de segurança, treinamento de pessoal quanto ao uso e manuseio seguro, acoplamento de sensores e gradis de segurança, manutenções preventivas e preditivas agendadas e cumpridas, todos esses e outros conceitos foram aplicados para que o maquinário pudesse atingir um nível aceitável de segurança, conservando assim a integridade física e mental dos colaboradores.

Com o uso desta ferramenta consegue-se analisar com maior rapidez e precisão em que grau o maquinário se encontra e para qual grau de risco o mesmo maquinário se encontra após a adequação, independente da experiência e conhecimentos técnicos que o analisador possa ter.

O conhecimento de todo o processo de trabalho, da dinâmica do ofício do colaborador na máquina a ser analisada traz muita contribuição para o resultado final da análise, pois entrega para a ferramenta de análise dados concretos e realistas tendo como resultado final o grau de risco real da máquina, porém a ferramenta permite que qualquer pessoa leiga possa fazer análise no mesmo maquinário e encontrar o mesmo resultado, pois a janela de possibilidades para análise foge do simples “sim” ou “não” da lógica usual.

O ideal é que se faça uma primeira análise antes da adequação do maquinário, e outra análise após análise dos resultados obtidos e adequação realizada.

Uma proposta para evolução desta ferramenta é criar um sistema de chatbot em formato de questionário para que o operador faça essas análises durante a jornada de trabalho, integrar os resultados a um banco de dados para que se tenha um noção em

tempo real de todas as máquinas do estacionamento fabril, agilizando assim a tomada de decisão por parte dos responsáveis para manutenção do nível de segurança de seus funcionários.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, E. P., GASPAROTTO, A. M. S. **Aplicação da norma regulamentadora NR12 para adequação de máquinas e equipamentos.** VI SIMTEC – Simpósio de Tecnologia - Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga – 2019, v. 6, n. 1, p. 210–221, 11 de Dez de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. **Princípios básicos de sua aplicação na segurança do trabalho em prensas e similares.** Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos, 2012.

BECKER, A. C., MAURI, A., MUFFO, F. A., PINTO, J. B. B., NASCIMENTO, L. A. DO, SANTOS, L.F. DOS, ARÁN, M. R., SANTOS, M. R. S. dos, EBBESEN, P. C., MISSIAGGIA, R. R., MISTURINI, R., COSTA, S. X. da. **Manual Básico de Segurança em Prensas e Similares.** FIERGS – Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul, 2006.

BECKER, A. C., MISTURINI, R., 2001. “**Programa de Prevenção de Riscos em Prensas e Similares.**”, Palestra Técnica, SMC – Sindicato dos Metalúrgicos da Grande Curitiba.

SILVA, L. D. **Proposta de adequação de prensas hidráulicas a NR12.** Revista Científica Semana Acadêmica, Fortaleza, 2018. Disponível em: <<https://semanaacademica.com.br/artigo/proposta-de-adequacao-de-prensas-hidraulicas-nr12>>. Acesso em: 01 de abril de 2021, 10h15min.

DE MARIA, J. N. **Estudo sobre Características de Sistema Baseado em Conhecimento Aplicado ao Turismo.** Trabalho de Conclusão de Curso, (Graduação em Ciência da Computação) - Universidade Vale do Itajaí, Santa Catarina, 2010. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>> Acesso em: 04 de fevereiro de 2020, 14h22min.

DO CARMO CORRÊA, S. de J.; DA SILVEIRA, A. M. **Adaptive neuro-fuzzy model for productive chains assessment: A study of the broiler productive chain in Brazil.** In: 2012 XXXVIII Conferência Latino-americana Em Informatica (CLEI), 2012.

FERNANDES, R. T. **Supervisão de um Sistema Híbrido eólico/diesel usando Lógica Fuzzy.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2005. 118p.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Manual de segurança em prensas e similares**. Porto Alegre: Conselho de Relações do Trabalho e Previdência Social, Grupo de Gestão do Ambiente de Trabalho, 2006.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Orientações sobre as mudanças na NR-12 promovidas pela Portaria MTE nº 857/2015**. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. Acesso em: 20 de dezembro de 2019, 16h25min.

GONÇALVES, D. C.; GONÇALVES, I. C.; GONÇALVES, E. A. **Manual de segurança e saúde no trabalho**. 6 ed. São Paulo: LTr Editora, 2015.

KRYKHTINE F. L. P.; MORIM A. C. D.; DO VALE, N. G. P.; FORTES, L. E. N. S.; CELESTINO NETO, A. G. **Aplicando Lógica Fuzzy em um Modelo de Seleção Multicritério para Multicliente**. Anais do Décimo Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2013.

MAGRINI, R. O.; MARTARELLO, N. A. **Condições de trabalho na operação de prensas**. In: COSTA, D. F. et al. (Orgs.) Programa de saúde dos trabalhadores. A Experiência da Zona Norte: uma alternativa em saúde pública. São Paulo: Hucitec, p. 267-97, 1989.

MANUAIS DE LEGISLAÇÃO ATLAS. **Segurança e Medicina do Trabalho**. São Paulo: Editora Atlas LTDA, 2014.

MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL. **Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho 2013**. Disponível em: <<http://www.previdencia.gov.br/dadosabertos/aeat-2013/estatisticas-de-acidentes-do-trabalho-2013/subsecao-a-acidentesdo-trabalho-registrados/tabelas-a-2013/>>. Acesso em: 05 de junho de 2019, 14h36min.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2020. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF1FA6256B00/nr_11.pdf>. Acesso em: 30 de março de 2020, 8h15min.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Convenção coletiva de melhoria das condições de trabalho, em prensas e similares, injetoras de plásticos e tratamento galvânico de superfícies nas indústrias metalúrgicas no Estado de São Paulo**. São Paulo: SEGUR/DRT/SP, 2006.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Convenção coletiva de melhoria das condições de trabalho, em prensas e similares, injetoras de plásticos e tratamento**

galvânico de superfícies nas indústrias metalúrgicas no Estado de São Paulo. São Paulo: SEGUR/DRT/SP; 2002.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Nota Técnica n.º 16/DSST/MTE, de 07 de abril de 2005. **Estabelece princípios para proteção de prensas e equipamentos similares** [legislação na internet]. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/notas_tecnicas/2005/nt_16.pdf>. Acesso em 23 de novembro 2019, 10h45min.

MORAES, G. **Normas regulamentadoras comentadas e ilustradas.** 8. ed. Rio de Janeiro: Livraria Virtual, 2014.

MOREIRA, H. A. M. *et al.* **Controle neuro-fuzzy para eficiência energética de sistemas de abastecimento de água com demanda variável.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal da Paraíba, 2020.

MOTA, V. F. da. NR12 **Adaptation of the embroidery machine in a Manaus industry.** Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications (ITEGAM-JETIA), v. 3, n. 11, p. 53-58, 2017.

NASCIMENTO, W. **Prensa.** Disponível em: <<https://wagner-nascimento.webnode.com.br/prensa>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2020, 21h15min.

NBR 14153:2008. **Segurança de Máquinas – Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança** – Princípios Gerais para projeto, ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008.

NBR 1453: 2013. **Segurança de máquinas — Partes de sistemas de comando relacionados à segurança** — Princípios gerais para projeto. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

NBR ISO 12100:2013. **Segurança de máquinas – Princípios gerais de projeto – Apreciação e redução de riscos.** Acesso em: 20 de novembro de 2019.

NOBRE JUNIOR, H. B. **Os acidentes de trabalho em prensas analisados pelos Auditores Fiscais do Trabalho do Ministério do Trabalho e Emprego no período de 2001 a 2006.** Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina de Botucatu, Botucatu, 2009, 201p.

NR12 – **ANEXO VIII – PRENSAS E SIMILARES**, dada pela Portaria Mtb nº 873, de 06 de julho de 2017.

OLIVEIRA, J. C. de. **Segurança e saúde no trabalho: uma questão mal compreendida.** São Paulo Perspectiva, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 03-12, 2003. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/spp/a/kFvWqHDVNTf63ncfjZHP5Kg/?lang=pt>>. Acesso em: 04 de julho de 2020, 20h12min.

PEREIRA, J. C. A. **Aplicação e Análise do Modelo Fuzzy Hierárquico Coppe-Cosenza: Decisão na Localização de um Provedor de Internet Entrante na Região dos Lagos – RJ.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Federal Fluminense, 2016. Disponível em: <<https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/5869/1/PFC%20V21.pdf>>. Acesso em: 20 de abril de 2020, 22h.

PEREIRA, G. C.; DA SILVA, G. A. **Riscos e possíveis soluções contra acidentes no trabalho com prensas hidráulicas: elementos para o ensino de segurança do trabalho.** Educação & Tecnologia, v. 19, n. 3, 2015.

POSSAS, C. **Saúde e Trabalho: A Crise da Previdência Social.** 2 ed. São Paulo: Hucitec, 1989.

SARAGIOTO, S. R. P.; PEREIRA, W. N. A. **Lógica fuzzy aplicada ao controlador de velocidade de uma linha de montagem de eixos de veículos.** SEGeT - Simpósio de excelência em Gestão de Tecnologia. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos12/21516891.pdf>>. Acesso em: 18 de março de 2020, 15h18min.

SARAIVA JUR (org.). **Segurança e medicina do trabalho: Normas Regulamentadoras.** 1 a 36. 22. ed. atual. São Paulo: Saraiva, 2018. 1117p.

SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA. **Segurança de máquinas e equipamentos de trabalho.** Meios de proteção contra os riscos mecânicos, 2012. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/lucasgimenes33/segurana-de-mq-e-equip-de-trabalho?from_action=save>. Acesso em: 30 de março de 2020, 22h45min.

SILVA, K. P. de A. S., 2008. **Identificação de Riscos e Prevenção de Acidentes em Prensas e Similares.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Segurança do Trabalho) Araraquara, São Paulo, Brasil.

SILVA, L. F. **Acidentes de trabalho com máquinas: estudo a partir do sistema de vigilância do programa de saúde dos trabalhadores da Zona Norte de São Paulo, em 1991.** Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995. 201p.

SILVA, L. de; GOLÇALVES, R.; FERREIRA, L.; SILVA, E.; SILVA, B. (2019). **Estado da arte dos fundamentos e ideias da lógica fuzzy aplicada as ciências e tecnologia.** Revista Brasileira de Geomática, v. 7, n. 3, p. 149-169, 2019.

SMARTLAB. **Observatório de Segurança e saúde no trabalho.** Disponível em: <<https://smartlabbr.org/sst/localidade/0?dimensao=perfilCasosAcidentes>>. Acesso em: 11 de novembro de 2020, 16h29min.

STUMPF, L. F. M.; BERTO, R. L.; VOLPATO, T. M. C. **Normas de segurança em prensas hidráulicas: um estudo de caso.** Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2005. Disponível em: <http://www.uepg.br/denge/eng_seg_2004/TCC/TCC23.pdf>. Acesso em: 04 de abril de 2020, 19h35min.

STURM, W. **Avaliação do potencial de uso da lógica “fuzzy” para a identificação de indicadores de competência no currículo lattes.** Semana de Tecnologia, Curitiba, 2005. Disponível em: <http://www.ppgte.cefetpr.br/semanatecnologia/comunicacoes/logica_fuzzy_na.pdf>. Acesso em: 22 de maio de 2020, 14h45min

VILELA, R. A. G. **Acidentes do Trabalho com Máquinas – identificação de risco e prevenção.** São Paulo: INST/CUT, 2000. Disponível em: <<http://www.celuloseonline.com.br/imagembank/Docs/DocBank/ss/ss090.pdf>>. Acesso em: 22 de dezembro de 2019, 22h15min.

WHITAKER, C.; SEHIMI, M. M. e MARTARELLO, N. A. **A boca do leão: acidentes de trabalho em prensas.** in: BUSCHINELLI, J. T. P.; ROCHA, L. E. e RIGOTTO, R. M. (Orgs.). Isto é trabalho de gente? Vida, doença e trabalho no Brasil. São Paulo: Vozes, p. 321-341, 1994.

ZAVALETA, J. J. G. **Um sistema de intervenção computacional para rastreamento e monitoramento de leitura em uma proposta de RTI.** Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação) Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11422/8648>>. Acesso em: 14 de dezembro de 2019, 10h.