

Análise dos riscos e impactos da falha ou falta de manutenção predial

Marcone Freitas dos Reis
marconefreis11@gmail.com
UNESA

Diéferson André da Silva
das.eletrotecnica@gmail.com
UNESA

Alexandre Camacho da Paixão
profalexandrepaixao@gmail.com
UNESA

Alessandro Martins Coelho
brmartal@gmail.com
UFF

Daniela Sayão Vieira
daniela.vieira@estacio.br
UNESA

Resumo: Este estudo foi desenvolvido visando estudar a viabilidade da implantação de um plano de manutenção em uma fábrica de fogões industriais, tendo em vista atualmente que a fábrica funciona sem esse controle. O estudo teve caráter exploratório, utilizando um estudo de caso, onde pode ser observado as diferenças de cenários quando tem e quando não tem um plano de manutenção e foi possível identificar os riscos humanos e operacionais e também sinalizar quanto ao objetivo de tornar mais eficiente a utilização de recursos pela fábrica, minimizando até seus custos. Foi utilizado os conceitos da inteligência artificial e a lógica fuzzy, para realizar o desenvolvimento do estudo de caso e com isso pode ser avaliado os graus de riscos em cada situação verificada e avaliação do cenário atual da fábrica, realizando os cálculos e obtendo o resultado esperado, se o plano seria um investimento ou gasto. Os resultados alcançados esclarecem as dúvidas e questionamentos sobre ter ou não o plano de manutenção, de forma a garantir que a tomada de decisão não traga custos extras, ou até mesmo prejuízos para a empresa e a garantia da continuidade de funcionamento das instalações bem como a preservação de vidas.

Palavras Chave: Riscos - Impactos de Falhas - Lógica Fuzzy - Manutenção Predial -

1. INTRODUÇÃO

Segundo dados da ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção) do ano de 2013, revelam que o investimento das indústrias anualmente com manutenção correspondeu a 4,69% do PIB brasileiro. Esse valor traduz uma importância significativa da área, demonstrando que a manutenção não pode ser simplesmente tratada como uma simples atividade de reparo. Reis et al. (2010) destacam que a manutenção é considerada uma área estratégica das empresas, e não apenas operacional, contribuindo grandemente para a excelência empresarial e para o equilíbrio entre gestão e técnica.

Segundo a NBR 5674:2012, as edificações são o suporte físico para a realização direta ou indireta de todas as atividades produtivas e possuem, portanto, um valor social fundamental. Essa grande importância, atribuída à edificação, justifica a necessidade da elaboração e a implantação de um programa de manutenção corretiva e preventiva nas edificações, pois além de serem importantes para a segurança e qualidade de vida dos usuários, são essenciais para a manutenção dos níveis de desempenho ao longo da vida útil projetada, garantindo assim que a edificação possa exercer seu papel na sociedade por mais tempo.

Para atender as expectativas dos usuários, é importante que a edificação apresente condições adequadas ao uso para o qual se destina, resistindo às intempéries e ao uso propriamente dito, ou seja, é necessário que ela apresente um bom desempenho durante sua vida útil, evidenciando-se assim a importância das atividades de conservação e manutenção do ambiente construído, para se alcançar um bom desempenho da edificação.

Entretanto para alcançar resultados satisfatórios nas atividades de manutenção, é necessária uma gestão eficiente da manutenção predial. A importância de uma gestão adequada é fundamentada pela NBR 5674:2012, quando esta declara que para atingir maior eficiência na administração de uma edificação ou de um conjunto de edificações, é necessária uma abordagem fundamentada em procedimentos 4 organizados em um sistema de manutenção, segundo uma lógica de controle de qualidade e de custo.

Este estudo tem como objetivo analisar a implementação de um plano de manutenção, com a finalidade de verificar as características fundamentais da implementação, suas vantagens e desvantagens, e apontar os níveis de riscos e impactos da contratação ou não deste plano.

2. METODOLOGIA

O estudo utiliza uma abordagem de pesquisa aplicada, modelo matemático, o estudo desenvolvido será empregado na realidade diária e prática da empresa. Como Vergara (2005, p.45) explica, “a pesquisa aplicada é fundamentalmente motivada pela necessidade da solução de problemas concretos, mais imediatos. Portanto, tem a finalidade prática, ao contrário da pesquisa pura, que é motivada basicamente pela curiosidade intelectual do pesquisador e situada, sobretudo no nível da especulação”. É ainda descritiva, por buscar meios de prescrever uma abordagem através da junção de melhores práticas de manutenção.

A pesquisa tem o caráter qualitativo por se tratar de um estudo da gestão da manutenção, sendo ainda bibliográfica, pois para sua fundamentação utilizou-se do estudo de artigos, teses, livros, noticiários, sites de notícias e práticas normativas associadas ao tema.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos trata-se de um estudo de caso, pois a pesquisa visa retratar uma análise da implementação do plano de manutenção em certa infraestrutura.

Universo e amostra do estudo foi realizado em uma indústria, onde aproximadamente 100 pessoas transitam diariamente, entre funcionários, visitantes e fornecedores.

A coleta de dados e informações para o estudo foram coletados no período de junho a dezembro de 2020, em vistorias técnicas realizada no local das instalações e informações cedidas pelo gestor da área.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO

A evolução da manutenção pode ser dividida em cinco gerações, Kardec e Nascif (2012), conforme apresentado na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1: Resumo da evolução da manutenção

Fase	Foco
Primeira geração, de 1930 a 1950	Poucos equipamentos na indústria, só fazia manutenção no equipamento que estivesse quebrado, apenas corretiva.
Segunda geração, de 1950 a 1970	Início do conceito de manutenção preventiva. Grande perda de mão de obra após a segunda guerra mundial, além do um aumento na demanda da produção, logo, a indústria não podia ficar sem produzir.
Terceira geração, de 1970 a 1990	Mudança dos processos, necessidade da indústria ser cada vez mais automática e mecanizada. Início dos conceitos relacionados à qualidade do produto, redução de estoques, o conceito de <i>Just in Time</i> . Uso dos computadores e <i>softwares</i> relacionados à manutenção.
Quarta geração	Consolidação dos conceitos da terceira geração e foco nas questões de disponibilidade e confiabilidade do equipamento.
Quinta geração, a partir de 2005	Aumento da competitividade e os resultados são de extrema importância, a manutenção passa a ser considerada nos projetos, a manutenção preditiva começa a ser mais utilizada.

Fonte: Kardec e Nascif (2012)

Como visto na tabela, conseguimos notar as gerações e as mudanças e atuações em cada fase.

3.2. TIPOS DE MANUTENÇÃO

Há várias classificações/denominações dos tipos de manutenção. Neste estudo, serão abordados três tipos, que são: manutenção preventiva, manutenção corretiva e manutenção preditiva.

- **Manutenção Preventiva:** manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item (NBR 5462:1994).

- Manutenção Corretiva: manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida (NBR 5462:1994).
- Manutenção Corretiva: manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva (NBR 5462:1994).

3.3. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA)

Segundo Russell (2013), o primeiro trabalho que trata de IA foi desenvolvido em 1943 por Warren Mc Culloch e Walter Pitts usando conhecimentos sobre neurônios humanos; a análise formal da lógica proposicional, onde se usam fórmulas para representarem proposições, usando conectivos lógicos e um sistema de regras; e a Teoria da computação de Turing. Seu desenvolvimento pode ser segundo objetivos e métodos, à saber: objetivo - Simular a inteligência humana e método: Solucionar problemas em geral.

3.4. LÓGICA FUZZY

Segundo Quijano (2013, p.39) a lógica fuzzy é uma ferramenta que consegue capturar informações imprecisas, captadas em linguagem natural, e converter estas informações, antes imprecisas, para um formato numérico.

Em 1965, Zadeh da Universidade da Califórnia em Berkeley publicou o trabalho de Conjuntos *fuzzy* baseado na lógica multinível. Neste trabalho ele conseguiu demonstrar de forma matemática o tratamento dos aspectos imprecisos e ambíguos apresentados na lei da contradição. A partir desse trabalho surge a expressão lógica fuzzy (QUIJANO, 2013).

Ao contrário da lógica tradicional, a lógica *fuzzy* não trata com limites bruscos, proporcionando graus de pertinência de elementos a uma determinada categoria. Dizemos então que a lógica fuzzy é uma ferramenta capaz de capturar informações vagas, na maioria das vezes descritas em linguagem natural e convertê-las para um formato numérico, de fácil manipulação. A extração destas informações vagas se dá através do uso de conjuntos nebulosos *fuzzy sets* (QUIJANO, 2013).

3.5. CONJUNTO FUZZY

Este conceito está vinculado à capacidade de classificação ou categorização de um elemento no contexto do mundo real (SANDMANN, 2006, p.15). Nesta situação, conseguimos definir poucas vezes com precisão a classe de elementos no qual um elemento isolado pertence. Na maioria das vezes um elemento pertence a mais de uma classe simultaneamente, e esta subjetividade acaba por gerar uma falta de precisão em relação à classificação do elemento, ou então, adiciona um certo grau de incerteza quanto à sua classificação.

Da mesma forma como no mundo real, no universo fuzzy uma variável pode conter um ou mais graus de pertinência (SANDMANN, 2006, p.16). Esses graus de pertinência, ou grau de pertencimento, são os conjuntos domínio de uma variável *fuzzy*. Por exemplo, ao tentar classificar um elemento quanto à cor pode recorrer a uma variável *fuzzy*, na qual é possível encontrar três universos de pertinência, como pode ser observado na Figura 1 a seguir.

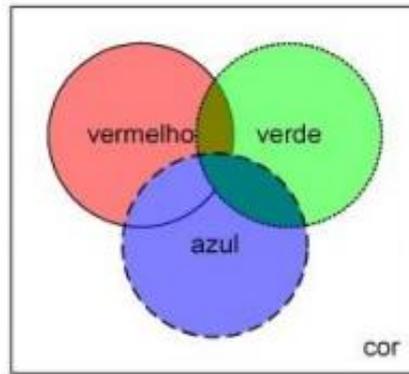


Figura 1: Conjunto de pertinência de cores de uma variável *fuzzy* de cor qualquer

Fonte: Sandmann (2006)

Os graus de pertinência, pertencimento, de uma variável *fuzzy* são definidos de acordo com sua natureza e necessidade de granularidade de aplicação, sendo que esses graus de pertinência são dados por funções de pertinência. As funções de pertinência representam o valor de inferência de um elemento a ser classificado na curva de pertinência. Assim, uma variável *fuzzy* genérica A pode ser descrita de 31 forma que a função $\mu_A(x)$ é uma função de pertinência do conjunto A (SANDMANN, 2006, p.16).

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\} \quad (1)$$

As funções de pertinência podem ser expressas por diversas equações. As formas mais comuns são equações triangulares, trapezoidais, gaussianas (SANDMANN, 2006, p.16).

Na Figura 2 a seguir, pode-se notar que dentro de uma variável *fuzzy* pode existir um ou mais graus de pertinência para o mesmo elemento.

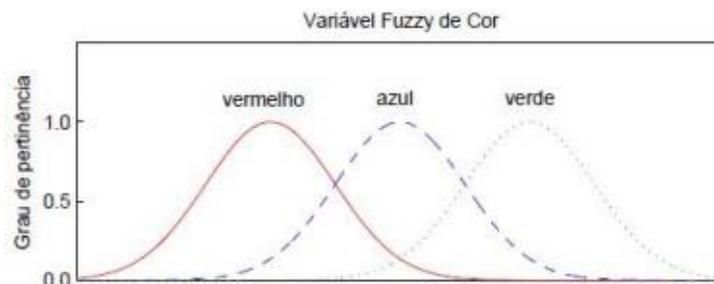


Figura 2: Conjunto de pertinência de cores de uma variável *fuzzy* de cor

Fonte: Sandmann (2006)

Como observado, uma cor pode ser simultaneamente vermelho e verde, ou até mesmo verde, azul e vermelho, o que descreve uma situação característica do mundo real.

3.6. BASES E REGRAS

Segundo Malvezzi (2010, p.40), a base de regras requer o conhecimento especialista. Estão compostas por fatos, regras conceitos e relações. Um sistema de inferências é o processador do conhecimento, que é estabelecido em 32 consenso com a forma de como o especialista pensa. Justamente por este motivo pode ser considerada o centro de um sistema que utiliza a teoria *fuzzy*.

Baseado em uma condição generalizada de regra afirmativa (*modus ponens*), expressas no formato “se então” e são denominadas de proposição *fuzzy*, e adotam a seguinte forma: “se valor_teste é muito_bom, então aprendizagem é alta”, onde “muito_bom” e “alta” são valores

linguísticos definidos. Outro exemplo de uma regra é: “se teste é muito_bom e chat é insuficiente e fórum é insuficiente e tarefa é insuficiente então aprendizagem regular” (MALVEZZI, 2010, p.40).

3.7. FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA

As funções de pertinências mais adequadas e utilizadas são as triangulares e trapezoidais, pois conseguem transmitir e transcrever à ideia de regiões de pertinências total, média e nula sendo bem mais objetivos do que as especificações ligadas aos parâmetros das funções Gaussianas (SILVA, 2013, p.37).

A principal e imprescindível condição que uma função característica deve cumprir é tomar valores entre 0 e 1 com seguimento. Na Figura 3 a seguir, pode ser observado graficamente algumas funções utilizadas, (a) Triangular (b) Trapezoidal (c) Gaussiana (d) Sigmoidal (QUIJANO, 2013, p.44).

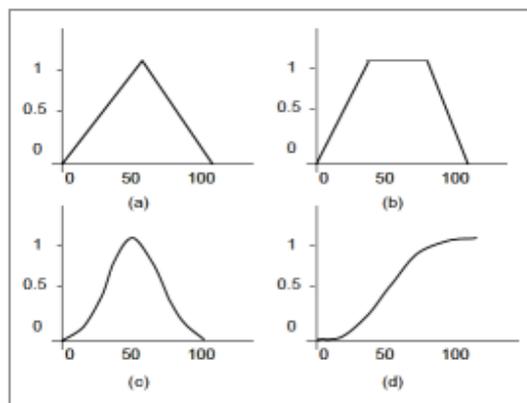


Figura 3: Algumas das funções utilizadas,
Fonte: Quijano (2013, p.45)

3.8. VARIÁVEIS LINGUÍSTICAS

Uma das principais vantagens da lógica *fuzzy* é conseguir converter a linguagem de valores numéricos em variáveis linguísticas ou nomes de conjuntos *fuzzy*, onde sua função principal é dar uma caracterização à aqueles termos complexos que não podem ser analisados por meio dos valores matemáticos, conforme pode ser observado na Figura 4 a seguir (QUIJANO, 2013, p.45).

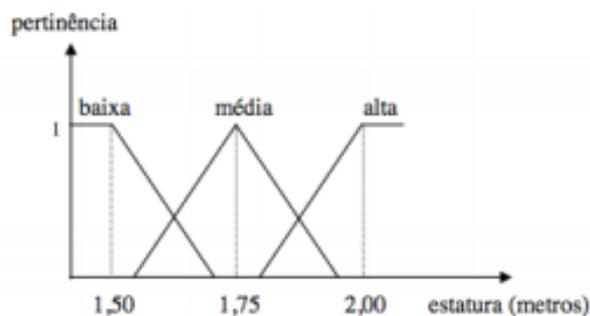


Figura 4: Funções de pertinência para variável estatura
Fonte: Quijano (2013, p.45)

A Figura 4 representa para na variável linguística estatura os valores de baixa, média e alta e a suas funções de pertinência, onde estaturas até 1,5 metros apresentam grau de pertinência igual a 1 no conjunto A; o grau de pertinência neste conjunto decresce à medida que a estatura aumenta. Então se considera que uma estatura de 1,75 metros é "totalmente compatível" com o conjunto B, ao passo que estaturas acima de 1,8 metros

(aproximadamente) apresentam grau de pertinência diferente de zero em C. As pessoas que tiverem mais de 2 metros de altura são consideradas "definitivamente" altas. Também temos na figura a informação de que as pessoas com 1,75 metros têm grau de pertinência diferente de zero somente no conjunto B, o que poderia parecer inadequado para alguns observadores. Estes prefeririam que as funções de pertinência de A e B se interceptassem em 1,75 metros (QUIJANO, 2013, p.45).

4. ESTUDO DE CASO

4.1. A EMPRESA

A empresa é uma fábrica de fogões industriais, com pelo menos 50 anos de mercado, e que ao longo desses anos desenvolve produtos de excelente qualidade e total segurança. A empresa atua em uma área superior a 80% do mercado nacional. Estão representados em mais de 20 estados brasileiros e a expansão para o mercado internacional já é uma realidade.

A empresa fica localizada no Rio de Janeiro e atende em uma área aproximada de 3.800 m², com todos os setores de uma fábrica, contando com atendimento direto ao público, áreas de produção com máquinas, almoxarifado, solda, carga e descarga, armazenagem de produtos inflamáveis e circulação média de 100 pessoas por dia, ou seja, um lugar relevante para um estudo sobre o tema deste trabalho, a necessidade de se ter ou não um plano de manutenção predial.

4.2. PROBLEMAS ENCONTRADOS NA EMPRESA

Ao iniciar a vistoria, em conjunto com um dos colaboradores da fábrica, pode ser identificado que os riscos iam além do que era a necessidade e contratado, o sistema de pára-raios, pois, as instalações elétricas estavam em condições inseguras e fora dos padrões mínimos exigidos pelas normas vigentes.

Também foi realizado uma a coleta de dados através do setor administrativo, que informou o número de colaboradores, quantidade de colaboradores em cada turno, possibilidade de se receber clientes ou visitas, número de horas que as máquinas (produção) funcionam por dia, ou seja, um panorama mais operacional de como funciona a fábrica, de forma que pode-se avaliar melhor os riscos envolvidos.

Na Figura 5 a seguir, pode ser observado que à instalação apresenta não conformidades, uma vez que há cabos conectados de forma incorreta no disjuntor, ou seja, os cabos que deveriam estar conectados na parte inferior estão conectados na parte superior.



Figura 5: Instalação incorreta no disjuntor
Fonte: Autores (2020)

Nesta condição, o circuito que está sendo alimentado não está protegido, pois, sua alimentação está antes do disjuntor. O que em casos de curto-circuito ou sobrecarga, acaba gerando o aquecimento e o incêndio em seguida.

Na Figura 6 a seguir, foi identificado um painel elétrico onde não havia identificação dos circuitos nem acomodação e proteção dos cabos condutores.



Figura 6: Painel sem identificação e caos sem proteção
Fonte: Autores (2020)

Como verificado na Figura 6, além de não se ter um controle quanto à identificação de qual equipamento alimenta cada disjuntor, tivemos informação de que o mesmo painel não passa por uma inspeção e manutenção rotineira, anualmente recomendada.

Como verificado na Figura 6, além de não se ter um controle quanto à identificação de qual equipamento alimenta cada disjuntor, tivemos informação de que o mesmo painel não passa por uma inspeção e manutenção rotineira, anualmente recomendada.

Acrescente ao fato de que, em situações de emergência ou parada de algum equipamento ou máquina, não se tem um controle e garantia de que o disjuntor desligado seja de fato destinado aquele equipamento ou máquina, gerando assim insegurança ao operador que estiver atuando no local.

Na Figura 7 a seguir, foi identificado que havia cabos conectados diretamente ao barramento principal do prédio, sem que houvesse uma proteção em casos de curto-circuito ou necessidade de desligamento geral da edificação, além disso, não havia também uma proteção contra o contato direto, pois, os barramentos estão energizados.



Figura 7: Cabos ligados diretamente ao barramento e falta de proteção
Fonte: Autores (2020)

Neste caso, há riscos não só para as instalações bem como para o operador e pessoas no interior da edificação, uma vez que, além de os cabos estarem em uma caixa apertada, não se tem como operar em casos de emergência.

Na Figura 8 a seguir, foi identificado cabos que alimentam as máquinas e painéis espalhados na fábrica, sem nenhuma proteção mecânica, fato que oferece riscos não só devido as circunstâncias internas, mas, em casos de um raio externo, estes cabos também aumentam os riscos a quem estiver no seu interior.



Figura 8: Área de produção com cabos expostos
Fonte: Autores (2020)

Ainda foram identificados falta de manutenção nos painéis elétricos, sistema elétrico mal dimensionado e instalações elétricas precárias e fora dos padrões normativos.

4.3. DESCRIÇÃO DO GRAU DE RISCO

O gestor da indústria necessita avaliar o Grau de Risco (GR) que a sua fábrica, os seus colaboradores estão expostos, e a necessidade de desenvolver um plano de manutenção efetivo. No Gráfico 1 a seguir, apresenta a variável linguísticas de saídas, com os termos linguísticos e valores que indicarão a necessidade da contratação.

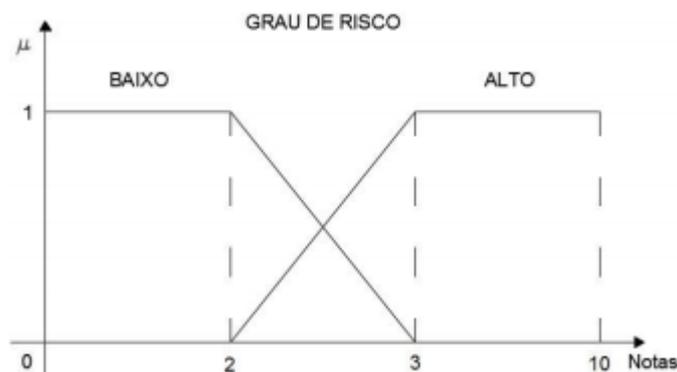


Gráfico 1: Gráfico variável de saída
Fonte: Autores (2020)

Como observado no Gráfico 1, pode ser verificado, que se ao final dos cálculos os valores forem entre 0 e 2, o risco será considerado baixo, se estiver entre 2 e 3, o risco deverá ser analisado pela posição que estiver e considerar seu peso, e que se estiver acima de 3, será considerado alto.

4.4. DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS

Para se definir sobre a contratação ou não, à avaliação se dará por meio de algumas variáveis como risco de Perda Humana (PH), Prejuízo na Paralisação (PP), Índice de Retrabalho (IR), chances de Identificar Problemas (IP), conforme apresentado a seguir.

No Gráfico 2 a seguir, é apresentada à avaliação de Perda Humana (PH).

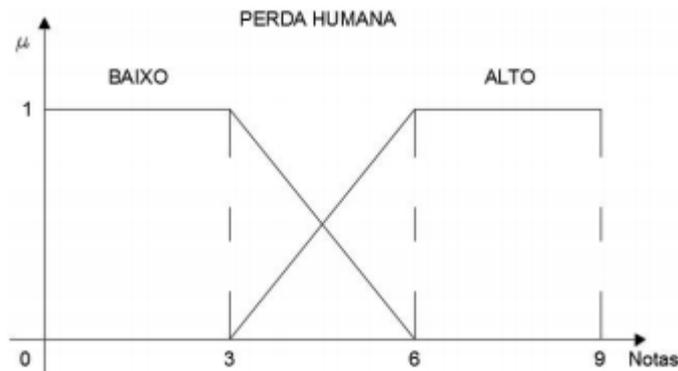


Gráfico 2: Gráfico de avaliação de Perda Humana (PH)

Fonte: Autores (2020)

O Gráfico 2 aponta já para uma realidade relevante e criteriosa da empresa, onde encontra-se um nível 8, demonstrando pertinência (pertencimento) de grau máximo no termo linguísticos alto. O nível foi verificado e classificado tendo em vista a quantidade de vidas no local, bem como à ausência de uma manutenção ativa.

No Gráfico 3 a seguir, é apresentada à avaliação de Prejuízo na Paralisação (PP).

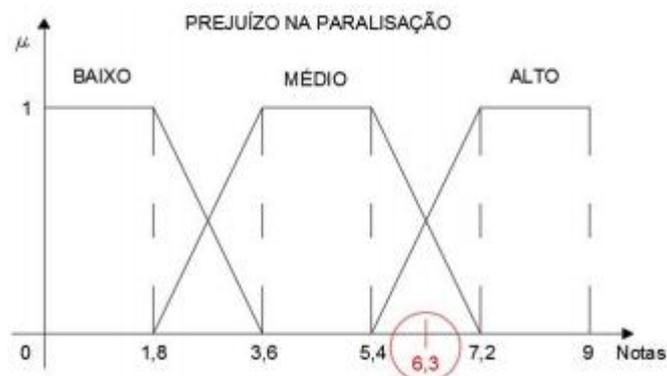


Gráfico 3: Gráfico de avaliação de Prejuízo de Paralisação (PP)

Fonte: Autores (2020)

Neste Gráfico 3, pode-se observar que os prejuízos decorrentes de uma paralisação na fábrica se encontram entre os termos linguísticos médio e alto. Foi levando em conta não só à ausência de manutenção, mas, a necessidade de equipamentos quebrarem ou pararem um ritmo pré-determinado.

No Gráfico 4 a seguir, é apresentada à avaliação do Índice de Retrabalho (IR).

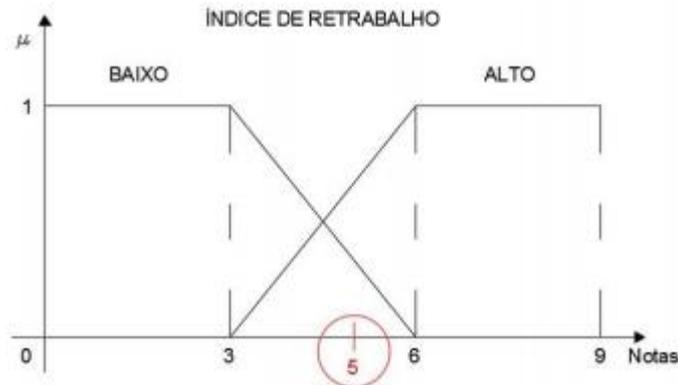


Gráfico 3: Gráfico de avaliação do Índice Retrabalho (PP)
Fonte: Autores (2020)

O Gráfico 4 demonstra que o risco de se ter retrabalho nesta fábrica se encontram entre os termos lingüísticos baixo e alto.

No Gráfico 5 a seguir, é apresentada à chance de Identificar Problemas (IP).

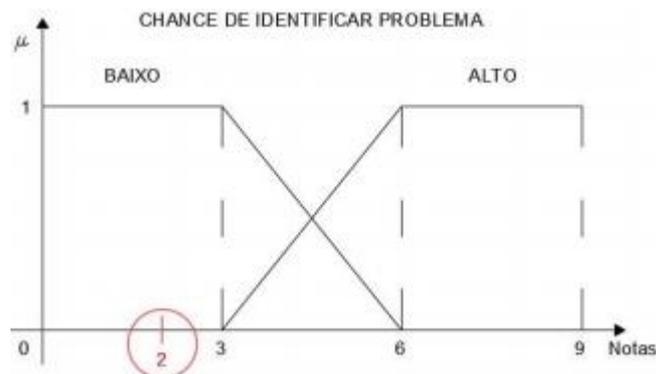


Gráfico 5: Gráfico de chance de identificar problemas (IP)
Fonte: Autores (2020)

Considerando as informações fornecidas pelo colaborador da fábrica e avaliações obtidas na vistoria, o Gráfico 5 apresenta que, em não se tendo uma manutenção efetiva, as chances de se identificar um problema antes que ele ocorra são baixas, 2, grau de pertinência 1.

4.5. EXECUÇÃO DOS CÁLCULOS

De posse dos parâmetros e observados seus respectivos valores, tem se o desenvolvimento efetivo dos cálculos que levarão aos números que permitirão a tomada de decisão final.

- Cálculo para risco de perda humana (Baixo = 0 e Alto = 1)
- Vetor *fuzzy* para risco de perda humana

$$V.F. = \left\{ \frac{0}{Baixo} + \frac{1}{Alto} \right\} \quad (2)$$

Valor atribuído uma vez que na avaliação das variáveis conforme apresentado no Gráfico 2, o nível de risco identificado na empresa foi 8. Ou seja, 0 para termo lingüístico baixo e 1 para termo lingüístico alto.

- Cálculo para Prejuízo na Paralisação

$$\text{Baixo} = 0$$

$$\text{Médio} = \int_{5,4 \rightarrow 1}^{7,2 \rightarrow 0} \frac{6,3-7,2}{5,4-7,2} = 0,5 \quad (3)$$

$$\text{Alto} = \int_{5,4 \rightarrow 0}^{7,2 \rightarrow 1} \frac{6,3-5,4}{7,5-5,4} = 0,5 \quad (4)$$

- Vetor *fuzzy* para prejuízo na paralisação

$$\text{V.F.} = \left\{ \frac{0}{\text{Baixo}} + \frac{0,5}{\text{Médio}} + \frac{0,5}{\text{Alto}} \right\} \quad (5)$$

Valores considerados tendo em vista à avaliação das variáveis conforme apresentado no Gráfico 3, o nível de risco identificado na empresa foi 6,3. Ou seja, 0 para termo linguístico baixo e calculado nos demais termos.

- Cálculo para o índice de retrabalho.

$$\text{Baixo} = \int_{3 \rightarrow 1}^{6 \rightarrow 0} \frac{5-6}{3-6} = 0,33 \quad (6)$$

$$\text{Alto} = \int_{3 \rightarrow 0}^{6 \rightarrow 1} \frac{5-3}{6-3} = 0,66 \quad (7)$$

- Vetor *fuzzy* para índice de retrabalho

$$\text{V.F.} = \left\{ \frac{0,33}{\text{Baixo}} + \frac{0,66}{\text{Alto}} \right\} \quad (8)$$

Valores atribuídos tendo em vista à avaliação dos termos linguísticos conforme apresentado Gráfico 4, onde o nível de risco identificado foi 5. Ou seja, valores calculados para ambas os termos linguísticos.

- Cálculo para chances de identificar o problema (Baixo = 1 e Alto = 0).
- Vetor *fuzzy* para chances de identificar o problema.

$$\text{V.F.} = \left\{ \frac{1}{\text{Baixo}} + \frac{0}{\text{Alto}} \right\} \quad (9)$$

Como as chances de se identificar um problema eram baixas, tendo em vista à empresa não ter um plano de manutenção vigente, os valores identificados foram 1 para termo linguísticos baixo (demonstrando grau máximo de pertinência) e 0 para termo linguístico alto, conforme apresentado no Gráfico 5.

Com base nos cálculos executados, aplicando os valores de cada variável as suas respectivas regras, pode ser observado na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2: Resultado dos cálculos e valores das variáveis

R1	Se PH = Baixo e PP = Baixo e IR = Baixo e IP = Baixo, Então GR = Baixo	0,33
R2	Se PH = Baixo e PP = Baixo e IR = Alto e IP = Alto, Então GR = Baixo	0,66
R3	Se PH = Baixo e PP = Médio e IR = Baixo e IP = Baixo, Então GR = Baixo	0,5
R4	Se PH = Baixo e PP = Médio e IR = Alto e IP = Alto, Então GR = Alto	0,66
R5	Se PH = Baixo e PP = Alto e IR = Baixo e IP = Baixo, Então GR = Alto	0,33
R6	Se PH = Baixo e PP = Alto e IR = Alto e IP = Alto, Então GR = Alto	0,66
R7	Se PH = Alto e PP = Baixo e IR = Baixo e IP = Baixo, Então GR = Baixo	0,33
R8	Se PH = Alto e PP = Baixo e IR = Alto e IP = Alto, Então GR = Baixo	0,66
R9	Se PH = Alto e PP = Médio e IR = Baixo e IP = Baixo, Então GR = Baixo	0,5
R10	Se PH = Alto e PP = Médio e IR = Alto e IP = Alto, Então GR = Alto	0,66
R11	Se PH = Alto e PP = Alto e IR = Baixo e IP = Baixo, Então GR = Alto	0,33
R12	Se PH = Alto e PP = Alto e IR = Alto e IP = Alto, Então GR = Alto	0,66

Fonte: Autores (2020)

A Tabela 2 representa os fatores de ponderação calculados para cada variável, levando em conta o conectivo “e” (valor mínimo), com isso podendo chegar aos valores em cada regra. Dos valores calculados, foram extraídos em cada regra os maiores para montagem do vetor *fuzzy*, que definirá o Grau de Risco (GR).

4.6. DEFINIÇÃO DO GRAU DE RISCO

Já com os valores definidos em cada regra, pode-se então montar o vetor *fuzzy* para o grau de risco e calcular o seu valor final.

$$\text{Vetor GR} = \left\{ \frac{0,33}{\text{Baixo}} + \frac{0,33}{\text{Alto}} \right\} \quad (10)$$

$$\mu_{GR} = \frac{(0,33 \times 1) + (0,33 \times 6,5)}{(0,33 + 0,33)} = \frac{2,475}{0,66} = 3,75 \quad (11)$$

Uma vez calculado Grau de Risco (GR) então temos condições de inserir este valor no gráfico, o que nos dará condições de extrair as informações e realizar a tomada de decisão, conforme pode ser observado no Gráfico 6 a seguir.



Gráfico 6: Gráfico com o resultado do Grau de Risco (GR)

Fonte: Autores (2020)

O Gráfico 6 demonstra o resultado de todos os cálculos e lógica *fuzzy* aplicada para se identificar o grau de risco que à empresa se encontra. Pode ser observado que o valor obtido de 3,75 encontra-se num grau de pertinência 1, considerando termo linguístico alto.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo proporcionou um panorama real e foi capaz de demonstrar o comportamento das instalações da fábrica de fogões estudada, tendo em mente a mesma não contar com um plano efetivo de manutenção e monitoramento das suas instalações. Foram levadas em conta as premissas de manutenção, inteligência artificial, boas práticas e normas em instalações e para obtenção do resultado, além dos cálculos efetuados, foi realizada visita técnica no local, recolhimento de informações dos setores de administração e produção, ou seja, foi feita a aplicação do estudo e visita com objetivo de se obter um olhar mais criterioso e conhecimento da realidade da empresa

Considerando o cenário apresentado e visualizado na visita técnica à fábrica, ainda que dentro das limitações da pesquisa, a fábrica não ter um plano de manutenção apresenta riscos à operação, aos equipamentos e principalmente as vidas presentes, pois, através dos cálculos obtidos, foi identificado que o grau de risco ficou em 3,75, ou seja, dentro do que foi denominado como sendo risco alto, portanto, o plano de manutenção é viável e vital para esta fábrica.

Foi possível identificar que se a fábrica seguir os manuais dos fabricantes, observadas as recomendações das Normas, em especial a NBR 5674:2012 no que tange aos intervalos de tempo e prazos para manutenção, confiar e melhor aplicar a inteligência artificial e os conceitos e regras da lógica *fuzzy*, ela se torna mais eficiente e segura.

Vale ressaltar que um plano de manutenção ativo nesta fábrica visa preservar as vidas, pois, o risco para este termo foi considerado alto. Não distante disso, ter um plano de manutenção oferece controle ao gestor da fábrica, bem como melhores condições de trabalho ao operador e segurança aos que estiverem ali. Por fim, não menos importante, seguir a manutenção conforme estabelecida pelos fabricantes das máquinas e equipamentos oferece qualidade e segurança no ambiente de trabalho, obtém eficiência (economia de energia) das máquinas, proporciona confiabilidade, disponibilidade e maior vida útil, ou seja, a fábrica certamente só tem a ganhar na efetivação da manutenção.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674: Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro, 2012.

ABRAMAN. Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/>>. Acesso em 31 out. 2019.

KARDEC, A.; NASCIF, J. Manutenção: Função Estratégica. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.

MALVEZZI, W. R. Uma ferramenta baseada em teoria fuzzy para o acompanhamento de alunos aplicado ao modelo de educação presencial mediado por tecnologia. São Paulo: POLI-USP, 2010.

MICHAELIS. Dicionário da Língua Portuguesa. Disponível em: https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues_brasileiro/manuten%C3%A7%C3%A3o. Acesso em 01 out. 2020.

QUIJANO, S. N. C. Sistema de inferência fuzzy para tomada de decisão em gestão de estoques da cadeia de suprimentos de uma indústria moveleira colombiana. Rio de Janeiro: UFRJ, 2013.

REIS, Z. C. dos; DENARDIN, C. D.; MILAN, G. S. A Implantação de um Planejamento e Controle da Manutenção: Um estudo de caso desenvolvido em uma empresa do ramo alimentício. In: VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2010, Niterói. Disponível em:

http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg6/anais/T10_0268_0981.pdf. Acesso em 6 out. 2015.

RUSSELL, S. J. Inteligência Artificial 3ª ed., Ed. Elsevier, Rio de Janeiro, 2013.

SANDMANN, H. R. Predição não-linear de séries temporais usando sistemas de arquitetura neuro-fuzzy. São Paulo: POLI-USP, 2006.

SILVA, L. M. D. Modelagem fuzzy como subsídios para a espacialização da vulnerabilidade costeira à erosão. Recife: UFPE, 2013.

VERGARA, S. C. Métodos de pesquisa em administração. São Paulo: Atlas, 2005.