



ISSN: 2447-5580

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE/index>



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

A APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE MODO DE FALHA E EFEITO (FMEA) COMO FERRAMENTAS DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES EM PEQUENAS SERRALHERIAS

THE APPLICATION OF FAILURE AND EFFECT MODE ANALYSIS (FMEA) AS A TOOL FOR ACCIDENT PREVENTION IN SMALL LABELS

Ronivaldo Lima¹, Rennatha Kerolyne Pereira Ribeiro², Ikaro Johnson Araujo Santos³,
Victoria Paula Martins⁴ & André Luís de oliveira Cavaignac^{5*}

¹²³⁴ Universidade CEUMA – Campus Imperatriz. Departamento de engenharias. ⁵ Universidade Federal do Maranhão. Universidade CEUMA – Campus Imperatriz.

¹ ronilimalk@gmail.com ² rennathapereira@hotmail.com ³ ikarojohnson23@gmail.com

⁴ victoriapmartins480@gmail.com ⁵ andreluiscavaignac@gmail.com

ARTIGO INFO.

Recebido em: 27.11.2019

Aprovado em: 19.12.2020

Disponibilizado em: 02.04.2020

PALAVRAS-CHAVE:

Segurança e saúde do trabalhador; ergonomia; serralheria; EPI; FMEA.

KEYWORDS:

Occupational safety and health; ergonomics; locksmithing.

*Autor Correspondente: Cavaignac, A.L. de O.

RESUMO

É de suma importância para as empresas prevenir acidentes e garantir um bom ambiente físico para todos os colaboradores, identificando não conformidades que possam comprometer a segurança e saúde dos trabalhadores de uma determinada organização. É preciso que a empresa tenha o entendimento e respeite as leis trabalhistas e as normas regulamentadoras que regem qualquer tipo de atividade que comprometa ou ponha em risco a vida de seus funcionários. Através de estudos feitos utilizando a ferramenta FMEA, foram apontados os riscos de acidente e também se estas organizações se encontram em conformidade ou não conformidade com as NRs estabelecidas para atividade serralheria. Foram observados RPNs altos para os principais processos de serralheria, sendo a falta de EPIs e a ausência de conscientização os principais fatores provocadores de situações de risco.

ABSTRACT

Safety and health at work is important for companies to prevent accidents and ensure a good physical environment for all employees. Through qualified people in the field such as occupational safety engineers and occupational safety technicians, it is possible to identify nonconformities that may compromise the safety and health of workers in a particular organization. The company must have an understanding and respect for labor laws and regulatory rules governing any activity that compromises or endangers the lives of its employees. Through studies using the FMEA tool, we will be able to point out the risks of accidents, as well as whether these organizations are complying or not with the established NRs for locksmith activity. High RPNs were observed for the main sawmill processes, and the lack of PPE and the absence of awareness were the main factors causing risk situations.



Citação (APA): Lima, R., Ribeiro, R. K. P., Santos, I. J. A., Martins, V. P., & Cavaignac, A. L. de O. (2019). A aplicação da análise de modo de falha e efeito (FMEA) como ferramentas de prevenção de acidentes em pequenas serralherias. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial "Avanços em segurança do Trabalho", 123-135.

INTRODUÇÃO

A atividade de serralheria envolve a produção de objetos utilizando ferro, aço ou alumínio como matéria-prima. Na maioria das vezes esse trabalho é realizado de uma maneira artesanal – sendo majoritário o pequeno porte como tamanho das oficinas de serralheria. As principais atividades das serralherias envolvem corte de materiais, utilizando tesouras, esmerilhadeira ou policorte; atividades com produtos químicos, como pinturas e acabamentos, além de montagem com solda, do tipo elétrica ou a gás. O ferro e o alumínio são os tipos matéria-prima mais utilizados nas serralherias, pois estes possuem grande durabilidade e resistência.

As serralherias possuem as mesmas atividades uma metalúrgica, porém, são majoritariamente processos de pequeno porte. Os riscos atrelados ao processo de fabricação de produtos em uma serralheria são correlatos aos encontrados em um processo maior de uma metalúrgica. Contudo, a pouca formação dos colaboradores e a ausência de métodos calcados na saúde e segurança do trabalho acabam por multiplicar os riscos atrelados as atividades em serralheria, quando comparados com empresas metalúrgicas de maior porte.

O estudo proposto, tem como objetivo utilizar a ferramenta FMEA com o intuito de analisar as condições do ponto de vista ocupacional e ergonômico existente em pequenas empresas do segmento de serralheria, bem como os fatores de saúde e segurança no local de trabalho, tendo em vista a minimização de risco de acidentes durante o trabalho. Com isso, analisar as condições ergonômicas, segurança e saúde de pequenas empresas do ramo de serralheria na cidade de Imperatriz – MA.

REFERENCIAL TEÓRICO

Da junção das palavras gregas “ergon” (trabalho) e “nomos” (leis, preceitos), surgiu a ergonomia. A acepção da palavra trabalho é ampla e compreende as ações efetuadas com o uso de equipamentos, bem como as diversas conjunturas que transcorrem na relação entre o ser humano e a produção (Corrêa, 2015). Seu objetivo é providenciar ao colaborador ótimas condições de trabalho, com o interesse de obter uma maior produtividade por meio de um ambiente de trabalho mais favorável e mais seguro, que solicite um grau de menor exigências e, por consequência, aconteça um menor desgaste, resultando em menores oportunidades de danos à integridade de sua saúde (Barbosa Filho, 2019). A ergonomia sempre teve suas preocupações voltadas para o melhoramento dos operadores, sem que o respectivo funcionário estivesse no centro das questões de pesquisa (Falzon, 2018).

Após a contratação do colaborador, apesar de todos os cuidados para se garantir a integridade de sua saúde, a rotina da empresa poderá oferecer-lhe inúmeras gama de oportunidades de agravamento de doenças inicialmente existentes ou o surgimento de novas doenças. Quando não for possível a total anulação dos riscos, deverão ser utilizados os equipamentos de proteção individual - EPIs (Barbosa Filho, 2019). Portanto, a decisão sobre a utilização do EPI deve estar baseada na avaliação das condições ambientais, que deve prever a sua utilização apenas quando as demais medidas não forem capazes de controlar os riscos ou em situações de emergência (Nunes, 2014).



Citação (APA): Lima, R., Ribeiro, R. K. P., Santos, I. J. A., Martins, V. P., & Cavaignac, A. L. de O. (2019). A aplicação da análise de modo de falha e efeito (FMEA) como ferramentas de prevenção de acidentes em pequenas serralherias. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial "Avanços em segurança do Trabalho", 123-135.

A NR-6 fornece os requisitos mínimos para fabricação, utilização e testes dos EPIs (Equipamento de Proteção Individual) bem como as responsabilidades de empregados e empregadores e os cuidados com os equipamentos (Rosset, 2015). Os EPIs devem possuir Certificado de Registro de Fabricante, Certificado de Aprovação e Certificado de Registro de Importados, todos expedidos pelo Ministério do Trabalho e Emprego. Ficando o empregador responsável por adquirir o EPI adequado à atividade e o empregado por utilizá-lo nas atividades (Oliveira, 2014). Ressalte-se que o equipamento de proteção individual, em regra, não previne o acidente, mas tão somente tem o condão de evitar maiores danos à integridade física e a saúde do trabalhador (Nunes, 2014).

A NR-12 estabelece as regras para garantir a saúde e a segurança onde houver máquinas e equipamentos, definindo as referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores. Essa norma estabelece os requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos (Moraes Jr., 2017).

As doenças ocupacionais ou profissionais, os acidentes e as doenças do trabalho constituem as principais causas de afastamento temporário do trabalho. Por desconhecimento, muitos empregam os termos doenças ocupacionais e doenças do trabalho (Corrêa, 2015). A segurança no Trabalho tem por objetivo a proteção à saúde e à integridade física e psíquica do trabalhador em seu local de trabalho (Rojas, 2015). Para tal, se utiliza de procedimentos de gerenciamento para mitigar os riscos e aumentar a produtividade do processo (Mota & Cavaignac, 2019).

A Análise de Riscos é uma série de estratégias e técnicas que, empregados a procedimentos que abrangem processo ou processamento, detectam os cenários efeitos e os impactos inesperados, ou seja, os acidentes. Existem inúmeros procedimentos de análise de riscos, a escolha desse procedimento a ser aplicada depende de certas condições, dentre eles, o objetivo da análise, bem como as características e a complexidade da instalação (Camisassa, 2017).

Um dos métodos comumente utilizados na análise de falhas é o FMEA (*failure modes and effects analysis*), que é amplamente descrito na literatura (Helman, 1995). A ferramenta FMEA teve início por volta de 1949 e foi destinada às análises de falhas em sistemas e equipamentos do exército americano, e, na década de 60, foi aprimorado e desenvolvido pela NASA, quando foi tomando espaço nos setores aeronáuticos (Cavaignac & Forte, 2018).

O FMEA sugere a classificação dos riscos, de forma a priorizar os modos de falha de acordo com o índice de número de prioridade de risco ou RPN. Número este produto da multiplicação de três índices independentes - severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D) - variação entre 1 a 10, conforme a melhor ou pior realidade observada (Stamatis, 2003), permitindo a hierarquização das falhas e a priorização das ações preventivas que serão tomadas (Vanni, et al., 1998). O FMEA tornou-se um pré-requisito para a certificação da série 9000 da ISO (*international organization for standardization*), que torna obrigatória a utilização do FMEA na revisão de projetos de produtos e processos, através de procedimentos específicos normalizados (Cavaignac & Uchoa, 2018).



Citação (APA): Lima, R., Ribeiro, R. K. P., Santos, I. J. A., Martins, V. P., & Cavaignac, A. L. de O. (2019). A aplicação da análise de modo de falha e efeito (FMEA) como ferramentas de prevenção de acidentes em pequenas serralherias. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial "Avanços em segurança do Trabalho", 123-135.

Severidade é a classificação que indica a gravidade de uma consequência possível no modo potencial de uma falha. Classificando a gravidade da falha de 1 a 10, partindo de uma consequência sem danos até danos catastróficos ou irreparáveis. A ocorrência no FMEA é a estimativa da frequência ou probabilidade de ocorrência do modo de falha. O melhor método para determinar o seu valor é através do uso de dados reais do processo, no entanto, no caso onde não há dados anteriores para avaliação podem ser atribuídos escalas qualitativas baseado na experiência dos operadores (Mcdermott, et al., 2009). Detecção é a dificuldade de fazer com que a falha seja detectada antes que ocorra o modo de falha. Para a área de manutenção, conceitua-se a probabilidade de detecção entre muito baixo e muito alto, relacionando os conceitos de 1 a 10 com a probabilidade de o defeito ser detectado (Stamatis, 2003; Mcdermott, et al., 2009).

Estudos mais recentes implantaram o FMEA para segurança ocupacional com a utilização da tabela de referência de índices S, O e D, proposta por Cavaignac & Uchoa (2018), e pontuaram o mínimo na adversidade de escolha dos índices – tornando a execução menos subjetiva (Santos, et al., 2019; Dias Júnior & Cavaignac, 2019; Jorge, et al., 2019, Mota & Cavaignac, 2019; Pacheco, et al., 2019).

Estudos recentes sobre o *Occupational Safety Failure Modes and Effects Analysis* – OS - FMEA

O Occupational Safety Failure Modes Effects Analysis (OS-FMEA) tem sido desenvolvido em trabalhos recentes com o intuito de facilitar a aplicação da ferramenta pelos profissionais da área de gerenciamento de risco. Cavaignac & Forte, 2018, aplicação do OS-FMEA em uma obra de pequeno porte, com o intuito de priorizar os riscos ao colaborador causados por diversas inconformidades as NRs. Neste trabalho os riscos foram priorizados e foi possível estabelecer uma ordem de ações corretivas baseada no *risk priority number* (RPN) obtido. Contudo, neste mesmo trabalho foi relatada uma grande dificuldade na escolha dos índices de severidade, ocorrência e detecção, corroborando os dados publicados por Laurenti, et al., (2012).

Baseado no que foi pontuado por Cavaignac & Forte, 2018, a tabela de referência dos índices S, O e D, surgiu como um suporte à escolha dos índices para a aplicação do OS-FMEA (Cavaignac & Uchoa, 2018). A tabela de referência contém uma correlação rápida dos índices quantitativos definidos por Stamatis (2002), com descrições qualitativas da realidade laboral em relação a segurança do trabalho. Para o índice severidade, foi correlacionado os cenários, entre ausência de danos até morte de pessoas externas ao processo, com índices de 1 a 10 – do melhor cenário ao pior cenário.

Para a obtenção dos índices de Ocorrência, Cavaignac & Uchoa (2018), a partir de uma revisão de literatura, realizaram uma interpolação de dados estatísticos obtidos por Guimarães, et al., (2000), em um estudo dos registros de acidentes de trabalho no estado do rio grande do sul, e o total de acidentes de trabalho ocorridos na atividade da construção civil, contabilizados pelo anuário da previdência social. Na oportunidade da elaboração do trabalho, o mais recente documento era o de 2016.



Citação (APA): Lima, R., Ribeiro, R. K. P., Santos, I. J. A., Martins, V. P., & Cavaignac, A. L. de O. (2019). A aplicação da análise de modo de falha e efeito (FMEA) como ferramentas de prevenção de acidentes em pequenas serralherias. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial "Avanços em segurança do Trabalho", 123-135.

Cavaignac & Uchoa (2018), também propuseram uma correlação de índices de detecção. Foi proposta uma análise qualitativa das possíveis situações de detecção de possíveis erros causadores de falha, priorizando-os em relação a sua dificuldade de detecção antes que aconteça a falha. A partir dos cenários propostos, foi obtida uma correlação com uma escala de 1 a 10, da mais fácil detecção (uma vistoria visual simples) até a total ausência de métodos de detecção da falha, passando por detecções visuais, táteis, sequência de vistorias (*check-lists*) e métodos instrumentais de detecção. A tabela 1 abaixo foi proposta por Cavaignac & Uchoa, (2018), para referência rápida no uso do OS-FMEA.

Tabela 1. Tabela de referência de índices de severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D)

Severidade (S)		Ocorrência (O)		Detecção (D)	
Índice	Natureza da severidade	Índice	Natureza da ocorrência (O)	Índice	Método de detecção
1	Sem impacto real	6	Impacto sofrido	1	Inspeção Visual
2	Trauma irrelevante	5	Queda com diferença de nível	2	
3	Trauma que requer primeiros socorros	5	Impacto contra	3	Teste tátil/teste manual
4	Incapacidade temporária sem afastamento	5	Esforço excessivo ou inadequado	4	
5	Incapacidade temporária com afastamento curto	5	Prensagem ou aprisionamento	5	
6	Incapacidade temporária com afastamento longo	5	Queda em mesmo nível	6	Aplicação de checklist / sequência de testes antes da tarefa
7	Incapacidade permanente parcial	4	Exposição ao ruído	7	
8	Incapacidade permanente total	4	Contato com substância nociva	8	Inspeção instrumental/testes mecânicos
9	Óbito de envolvidos no processo	4	Choque elétrico	9	
10	Óbito de não envolvidos no processo	3	Atrito ou abrasão	10	Falta de métodos efetivos
		3	Contato com temperatura extrema		

Fonte: Cavaignac & Uchoa (2018). Adaptado.

A partir da publicação da tabela de referência dos índices S, O e D, houve uma difusão do uso do OS-FMEA na literatura, com uma sequência de trabalhos analisando diversos ambientes laborais, melhorando a metodologia proposta por Cavaignac & Forte, 2018 e mostrando a eficácia da metodologia em priorizar riscos aos colaboradores nos mais diversos campos de trabalho. O OS-FMEA tem sido aplicado ultimamente em processos de construção civil, como execução de trabalhos em altura (Jorge, et al., 2019; Mota & Cavaignac, 2019), execução de serviços de manutenção em redes elétricas (Dias Júnior & Cavaignac, 2019), serviços de carpintaria (Jorge, et al., 2019), trabalhos de escavações e instalações sanitárias (Mota & Cavaignac, 2019; Cavaignac, et al., 2019), serviços de demolições (Santos, et al., 2019) e tem iniciado a aplicação em processos industriais, como em processos envolvidos na indústria metalúrgica (Pacheco, et al., 2019), trabalho este que corrobora a aplicação da metodologia em serralherias, que são processos metalúrgicos de pequeno porte.



Citação (APA): Lima, R., Ribeiro, R. K. P., Santos, I. J. A., Martins, V. P., & Cavaignac, A. L. de O. (2019). A aplicação da análise de modo de falha e efeito (FMEA) como ferramentas de prevenção de acidentes em pequenas serralherias. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial "Avanços em segurança do Trabalho", 123-135.

METODOLOGIA

Esse trabalho se caracteriza como uma pesquisa bibliográfica associada a um estudo de caso, pois utiliza dados de trabalhos anteriormente publicados e também levantados em campo. Foram realizadas visitas técnicas a dez serralherias de pequeno porte, de cunho familiar, com poucos funcionários, localizadas no município de Imperatriz-MA, onde foram coletadas diferentes informações sobre o ambiente de trabalho.

A estrutura da pesquisa consiste em: formulação do problema, englobando a justificativa do estudo; a determinação dos objetivos; a contextualização da problemática e definição da metodologia; realização do levantamento teórico, que orienta a caracterização do objeto de estudo; as definições e conceitos a serem utilizados em análise e correntes de pensamentos que norteiam a hipótese da pesquisa; levantamento de dados em campo e a discussão sobre as melhorias que possam acarretar.

Para a aplicação do FMEA em SSO foi utilizado o modelo proposto por Cavaignac & Forte (2018), porém este modelo precisou ser adaptado para o uso da tabela de referência proposta por Cavaignac & Uchoa (2018). A principal alteração foi a inserção de uma coluna de classificação de ocorrência chamada de “natureza de ocorrência”, para relacionar com os índices de ocorrência propostos na tabela de referência. A tabela 2 mostra o modelo utilizado para a aplicação do FMEA neste trabalho (Mota & Cavaignac, 2019).

Tabela 2. Modelo de aplicação de FMEA de índices de severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D)

Processo ou ação	Modo de falha	Causa básica da falha	Natureza da ocorrência	(O)	Efeitos (S)	Meios de detecção	(D)	Índice de risco	Ações corretivas	
1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°

Fonte: Mota & Cavaignac (2019), Adaptado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como exposto anteriormente foram colhidas informações através das visitas nas dez empresas no ramo de serralheria, Assim, foram feitos registros fotográficos no local de trabalho para uma melhor compreensão acerca da relação dos riscos ocupacionais existentes e acidentes ocorridos em serralheria.

Na figura 1 pode ser observado que o local do maquinário está cheio de pedaços de ferro, ou seja, matéria prima espalhado pela bancada e no chão. A organização no local de trabalho é essencial para prevenir riscos de acidentes e obter um melhor espaço físico para o funcionário, propiciando maior rendimento do operador e um menor desperdícios de materiais.



Citação (APA): Lima, R., Ribeiro, R. K. P., Santos, I. J. A., Martins, V. P., & Cavaignac, A. L. de O. (2019). A aplicação da análise de modo de falha e efeito (FMEA) como ferramentas de prevenção de acidentes em pequenas serralherias. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial "Avanços em segurança do Trabalho", 123-135.

Figura 1. Policorte em ambiente desorganizado com (A) prateleira com caixas de papelão oferecendo risco de incêndio;(B) e (C) pedaços de ferro e outros materiais espalhados.



Fonte: Autores, 2019.

Na figura 2, o colaborador está totalmente desprotegido na realização dessa operação, sem os EPIs necessários que são: luva de raspa, avental de couro, capacete com lente apropriada e jaleco. Com isso, podendo ocasionar um possível acidente de queimadura na pele e até mesmo no rosto.

Figura 2. Ausência de EPIs para o colaborador que realiza o processo de soldagem. Ausência de (A) luva de raspa; (B) máscara com lente apropriada; e (C) falta o uso do avental de couro.



Fonte: Autores, 2019.

Na imagem 3 é observado que o trabalhador está com uma esmerilhadeira sem proteção, expondo a fiação às faíscas. É importante ressaltar a conduta insegura do trabalhador, operando a máquina em posição irregular. Atos de conduta insegura são majoritários na ocorrência de acidentes e a conscientização dos trabalhadores através de treinamentos de rotina é uma estratégia para minimizar o acontecimentos destes atos.



Citação (APA): Lima, R., Ribeiro, R. K. P., Santos, I. J. A., Martins, V. P., & Cavaignac, A. L. de O. (2019). A aplicação da análise de modo de falha e efeito (FMEA) como ferramentas de prevenção de acidentes em pequenas serralherias. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial "Avanços em segurança do Trabalho", 123-135.

Figura 3. Imprudência do operador utilizando a esmerilhadeira, onde se observa (A) ausência de proteção adequada; (B) ausência total de EPIs; e (C) o uso irregular do maquinário, podendo oferecer risco aos olhos.



Fonte: Autores, 2019.

Figura 4. Ambiente desorganizado com, (A) máquinas espalhadas pelo ambiente; (B) materiais espalhados pelo chão; e (C) produtos acabados espalhado por toda parte da serralheria.



Fonte: Autores, 2019

Com a falta de organização dos materiais e maquinário fica estampada a falta de circulação e do espaço físico do ambiente de trabalho, com isso, facilita o risco de tropeços ou até de quedas ocasionado pela desordem nesse local. Outra irregularidade como está expondo nessa imagem, é a falta de espaço na operação do equipamento poliacorte, que serve para cortar os metais para a fabricação de portas, portões, janelas, grades e etc (Figura 5).



Citação (APA): Lima, R., Ribeiro, R. K. P., Santos, I. J. A., Martins, V. P., & Cavaignac, A. L. de O. (2019). A aplicação da análise de modo de falha e efeito (FMEA) como ferramentas de prevenção de acidentes em pequenas serralherias. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial "Avanços em segurança do Trabalho", 123-135.

Figura 5 - Má organização próximo a equipamentos ocasionando a falta de espaço. Observe em (A) produtos e materiais colocado próximo equipamentos



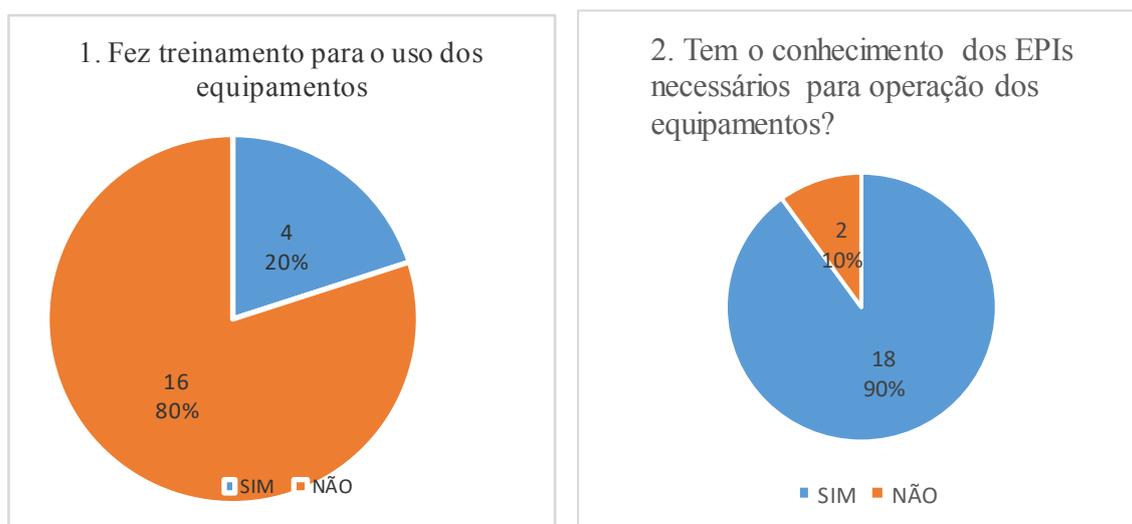
Fonte: Autores, 2019

Desta forma verificou-se as condições do ambiente de trabalho como fator que pode contribuir para exposição a doenças, a falta de segurança e a desconfortos aos colaboradores das empresas. Assim, com a organização do local de trabalho poderá ocasionar diretamente no seu desempenho são essenciais para manter o ritmo de produção do trabalhador.

Análises das Inconformidades

Para uma melhor análise, foram aplicados gráficos do tipo pizza e do tipo coluna onde foi abordada as respostas adquiridas nas entrevistas dos colaboradores das organizações que estão sendo objeto de estudo para este artigo científico, utilizando um pequeno questionário (Gráfico 1).

Gráfico 1. Respostas à 1ª e 2ª perguntas aplicadas na pesquisa.



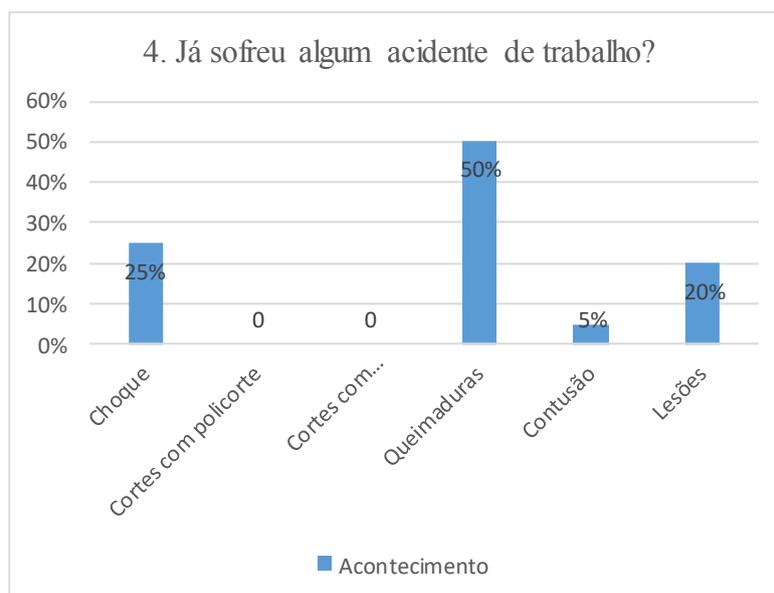
Fonte: Autores, 2019



Citação (APA): Lima, R., Ribeiro, R. K. P., Santos, I. J. A., Martins, V. P., & Cavaignac, A. L. de O. (2019). A aplicação da análise de modo de falha e efeito (FMEA) como ferramentas de prevenção de acidentes em pequenas serralherias. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial "Avanços em segurança do Trabalho", 123-135.

Na primeira questão do questionário, foi perguntado aos trabalhadores se eles já fizeram algum treinamento para o uso dos equipamento. A resposta é que cerca de 80% dos trabalhadores nunca fizeram qualquer tipo de treinamento para a operação desses maquinários e cerca de 20% fizeram treinamento para alguns tipos de maquinários. Na segunda questão do questionário, foi perguntado se os funcionários tem conhecimento dos EPIs (Equipamento de Proteção Individual). Cerca de 90% dos funcionários tem o conhecimento de alguns desses equipamentos de proteção e 10% não tem o conhecimento. Foi perguntado também se os trabalhadores usam algum equipamento de Proteção Individual, onde 100% dos trabalhadores afirmaram não utilizar nenhum EPI, corroborando o registrado nas imagens.

Gráfico 2. Resposta à quarta questão do questionário.



Fonte: autores, 2019

Nesse gráfico, todos afirmam que já sofreram um tipo de acidente, onde se destacam os acidentes de queimadura ocasionado pela máquina de solda, em seguida vem o acidente de choque ocasionado pela emenda irregular da afiação ou instalação dos equipamentos. Em sequência foram citadas as lesões e contusões ocasionado por queda de andaimes e tropeços pela falta da organização do ambiente de trabalho. Por último, cortes com esmerilhadeira e cortes com policorte onde não foi relatado nenhum tipo de acidente.

No questionário também foram citadas as ocorrências de afastamento por acidente, onde 75% dos funcionários entrevistados se afastaram por problemas nos olhos acarretado pela forte luz da solda ou fumos e particulados, e 25% dos afastamento aconteceram pelas lesões ocasionadas por pancadas e quedas de grandes alturas.



Citação (APA): Lima, R., Ribeiro, R. K. P., Santos, I. J. A., Martins, V. P., & Cavaignac, A. L. de O. (2019). A aplicação da análise de modo de falha e efeito (FMEA) como ferramentas de prevenção de acidentes em pequenas serralherias. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial "Avanços em segurança do Trabalho", 123-135.

Utilização do FMEA

Conforme Tabela 2 a seguir, é analisado dois tipos de falhas correspondente o que foi observado em estudo, sendo eles, falha humana e falha de operação. Dentre todos os modos de falhas descritos dentro desse contexto, foram destacados estes, que foram os problemas ergonômicos, imprudência no trabalho, Falta de organização do ambiente de trabalho e falta da utilização de EPIs.

Tabela 2. Aplicação do FMEA

ANÁLISE DE MODO E EFEITO DE FALHA POTENCIAL									
Tipo De Falha	Modo De Falha	Natureza Da Falha	(O)	Efeito Potencial De Falha	(S)	Medidas de controle	(D)	RPN	Grau de risco
Falha humana	Problemas ergonômicos	Posição ou esforço inadequado	5	Trauma temporário sem afastamento	4	Tátil	2	40	Mediano
	Imprudência no trabalho	Queda com diferença de nível	5	Trauma temporário com afastamento longo	6	Tátil	2	30	Mediano
	Falta de organização do ambiente de trabalho	Impacto sofrido em máquinas ou ferramentas decorrido pela desorganização	6	Trauma temporário sem afastamento	4	Visual	1	24	Mediano
	Falta da utilização de EPIs	Impacto sofrido em máquinas ou ferramentas decorrido pela desorganização	6	Trauma temporário com afastamento curto	6	Visual	1	36	Mediano
Falha de operação	Mau utilização dos equipamentos	Lesão ou contusão	5	Trauma temporário com afastamento longo	6	Testes mecânicos	4	120	Grave
	Máquinas sem proteção devida	Lesão ou contusão	5	Incapacidade permanente parcial	7	Visual	1	35	Mediano
	Instalações irregulares	Choque elétrico	4	Óbito de envolvidos no processo	9	Testes mecânicos	4	144	Grave

Fonte: Autores, 2019, Adaptado.



Citação (APA): Lima, R., Ribeiro, R. K. P., Santos, I. J. A., Martins, V. P., & Cavaignac, A. L. de O. (2019). A aplicação da análise de modo de falha e efeito (FMEA) como ferramentas de prevenção de acidentes em pequenas serralherias. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial "Avanços em segurança do Trabalho", 123-135.

Problemas ergonômicos que são detectados principalmente pela má posição ou esforço inadequado, onde, pode ocasionar um risco para o trabalhador, comprometendo sua integridade física e psicológica podendo acontecer um possível afastamento do mesmo. Em função disso, o nível do RPN é mediano e não representa um alto risco ao trabalhador. No modo de falha seguinte, que é a imprudência no trabalho, vimos que apresenta um risco médio no local de trabalho, mas isso não quer dizer que o funcionário pode ficar descansado, pois, qualquer vacilo pode se tornar o último. A falta de organização no local de trabalho é um fato que podemos observar em todas as empresas aqui, em vista disso, tem um risco moderado, mas, não deixa de ser um verdadeiro caos para quem visa ter um local seguro, podendo até comprometer o manuseamento de certas máquinas. E o último tópico dentro índice de falha humana, temos a falta de utilização de EPI, tendo também um grau de risco mediano, mas não quer dizer que ele é menos importante. O Equipamento de Proteção Individual - EPI não evita acidentes, mas minimiza os impactos causados por um acidente, por isso, é imprescritível a falta do uso desses equipamentos.

Ainda na Tabela 2, temos outro tipo de falha que foi analisado sendo ela as falhas na operação, o primeiro modo de falha foi a má utilização dos equipamentos que, pela irregular operação desses equipamentos podendo acarretar em lesões ou contusões muito serias, o nível de risco é alto que pode levar o operador ao afastamento por um período de tempo muito longo. Outro modo de falha é as máquinas sem a proteção devida, apesar que esses tipos de máquinas que são manuseadas em serralherias todas vem com proteções, mas, pela falta de treinamento os operadores retiram essas proteções, pois alegam que elas atrapalham em seu desempenho, apesar de seu nível de risco ser mediano pede ser ocasionados acidentes que os operadores podem ficar com incapacidade permanente parcial. E por fim, o choque elétrico, tem um alto grau de risco no manuseio do equipamento durante a operação, podendo causar queimaduras, parada cardíaca ou respiratória e dependendo da intensidade da corrente elétrica pode levar o colaborador a morte.

Nessa análise feita pelo FMEA foram tratadas questões que podem proporcionar a ocorrência de cada um dos fatos e as suas implicações, e foi feita uma análise qualitativa da frequência de ocorrência de acidentes e da severidade do risco associado. Com ela é possível examinar as causas que necessitam de preferência no atendimento, seja na precaução ou na correção das falhas ou riscos encontrados. Diacordo com que os riscos vão acontecendo serão tomadas iniciativas preventivas e mitigadoras, com a finalidade de exterminar ou reduzir as causas e as consequências das condições encontradas (Calixto, 2006).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir desse estudo foi possível constatar que as condições do local de trabalho alinhadas aos aspectos considerados neste estudo influenciam diretamente na saúde do trabalhador e no seu desempenho, principalmente, pelo ruído em excesso e iluminação deficiente. Assim, a falta da utilização dos EPIs deve ser o priorizado no processo de implantação das melhorias. Portanto, a organização, segurança e o bem-estar dos colaboradores influenciam diretamente na saúde e na produtividade dos mesmos.



Citação (APA): Lima, R., Ribeiro, R. K. P., Santos, I. J. A., Martins, V. P., & Cavaignac, A. L. de O. (2019). A aplicação da análise de modo de falha e efeito (FMEA) como ferramentas de prevenção de acidentes em pequenas serralherias. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial "Avanços em segurança do Trabalho", 123-135.

Conclui-se que os objetivos foram atingidos, onde na utilização do FMEA mostra o grau de risco encontrado em diversas situações com pontos discrepantes com a legislação, mas que podem ser ajustadas se alinhando as conformidades das normas regulamentadoras e legislação. Portanto, propõe-se que haja iniciativas por parte dos gestores destas empresas, de forma a contribuir na melhoria de condições de trabalho para minimizar os riscos, os níveis de exposição, bem como acidentes e as doenças ocupacionais. Foram comprovadas as más condições de saúde e segurança do trabalho em que os funcionários são expostos. Este trabalho pode contribuir para o planejamento de medidas preventivas e corretivas em outras empresas, para que se busquem condições adequadas de trabalho aos colaboradores das mesmas, com intuito de garantir e oferecer segurança a saúde dos colaboradores.

REFERÊNCIAS

Barbosa Filho, A. N. (2019). Segurança do trabalho e gestão ambiental / Antônio Nunes Barbosa Filho. – 5. ed. – São Paulo: Atlas.

Calixto, E. (2006). Uma metodologia para gerenciamento de risco em empreendimentos: Um estudo de caso na indústria de petróleo. Artigo. XXVI ENEGEP. Fortaleza.

Camisassa, M. Q. (2017). Segurança e saúde no trabalho: NRs 1 a 36 comentadas e descomplicadas / Mara Queiroga Camisassa. – 4.^a ed. rev., atual. e ampl. – Rio de Janeiro: Forense; São Paulo: MÉTODO.

Cavaignac, A. L. O., Uchoa, J. G. L., & Santos, H. F. O. (2019). Risk analysis and prioritization in water supply network maintenance works through the failure modes and effects analysis – occupational safety FMEA application, *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 17(1), no prelo.

Cavaignac, A., & Uchoa, J. (2018). Obtaining FMEA's indices for occupational safety in civil construction: a theoretical contribution. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 15(4), 558-565. DOI: 10.14488/BJOPM.2018.v15.n4.a9.

Cavaignac; A. L. de O., & Forte L. L. N. (2018). Utilização do FMEA para priorização de risco ocupacional: uma nova abordagem direcionada a construção civil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 4(3):132-149

Correa, V. M., & Boletti, R. R. (2015). Ergonomia: fundamentos e aplicações. Bookman Editora.

Didio, L. (2014). Como produzir monografias, dissertações, teses, livros e outros trabalhos. São Paulo: Atlas.

Falzon, P. (2016). Ergonomia construtiva. Editora Blucher.

Helman, H., & Andery, P. R. P. (1995). Análise de falhas:(aplicação dos métodos de FMEA e FTA).UFMG, Escola de Engenharia. 156p.

Moraes Jr., C. P. (2017). Manual de segurança e saúde no trabalho -Normas Regulamentadoras. 2.ed. rev. e ampl. São Caetano do Sul, SP: Difusão Editora.

Mota, C. P. A., & Cavaignac, A. L. de O. (2019). Avaliação de risco ocupacional em obras de pequeno porte de unidades unifamiliares com aplicação do FMEA: uma investigação sobre trabalho em altura e escavações. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 25-35.



Citação (APA): Lima, R., Ribeiro, R. K. P., Santos, I. J. A., Martins, V. P., & Cavaignac, A. L. de O. (2019). A aplicação da análise de modo de falha e efeito (FMEA) como ferramentas de prevenção de acidentes em pequenas serralherias. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(6), Edição Especial "Avanços em segurança do Trabalho", 123-135.

Nunes, F. de O. (2014). *Segurança e saúde no trabalho: esquematizada* / Flávio de Oliveira Nunes. 2. ed. rev., atual. e ampl.- Rio de Janeiro: Forense; São Paulo : MÉTODO.

Oliveira, C. A. D. de. (2014). *Segurança e saúde no Trabalho- Guia de Prevenção de Risco*. 1. ed. São Caetano do Sul, SP : Yendis Editora.

Pacheco, Y. C. K. G., Ribeiro, R. K. P., & Cavaignac, A. L. de O. (2019). Utilização da análise de modos de falhas e efeitos (FMEA) como ferramenta de prevenção de acidentes em operações com usos de pontes rolantes. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 10-24.

Rojas, P. (2015). *Técnico em segurança do trabalho [recurso eletrônico]* / Pablo Rojas. – Porto Alegre: Bookman.

Rosset, C. A. (2015). *Segurança do Trabalho e Saúde Ocupacional*. São Paulo: Pearson Education do Brasil.

Santos, A. G. S., Nascimento J., G. P. do, & Cavaignac, A. L. de O. (2019). FMEA como ferramenta de identificação dos riscos ao trabalhador da construção civil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 19-34.

Santos, J. A. (2011). *Metodologia científica*. São Paulo: Cengage Learning.

Stamatis, D. H. (2003). *Failure mode and effect analysis - FMEA: from theory to execution*. 2nd ed. ed. Milwaukee: ASQ quality press.

Vanni, C., Gomes, A., & Andery, P. (1998). *Metodologia análise de falhas aplicada à compatibilização de projetos de obras prediais*. Em Congresso Latino Americano de Tecnologia e Gestão na Construção de Edifícios. São Paulo: EPUSP.

Yin, R. K. (2016). *Pesquisa qualitativa do início ao fim*. Porto Alegre: Penso.

