



ISSN: 2447-5580

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



Brazilian Journal of
Production Engineering

BJPE - Revista Brasileira de Engenharia de Produção



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

PRIORIZAÇÃO DE RISCO EM OBRA DE MÉDIO PORTE POR MEIO DA UTILIZAÇÃO DO FMEA: UMA FERRAMENTA DE MELHORIA PARA SEGURANÇA DO TRABALHO EM ALTURA

RISK PRIORITIZATION IN A MEDIUM-SIZED WORK THROUGH FMEA: AN IMPROVEMENT TOOL FOR SAFETY WORK AT HEIGHT

Gustavo Pires do Nascimento Jorge¹; Marcos Jean Araújo de Sousa², & André Luís de Oliveira Cavaignac^{1,3*}

¹ Universidade CEUMA - Campus Imperatriz. Departamento de engenharias. ² Instituto Federal do Maranhão - Campus Imperatriz. Departamento de Segurança do Trabalho. ³ Universidade Federal do Maranhão. Campus Imperatriz.

¹gupnj94@gmail.com ²marcosjean.itz@ifma.edu.br ^{3*}andreluiscavaignac@gmail.com

ARTIGO INFO.

Recebido em: 04/06/2019

Aprovado em: 17/06/2019

Disponibilizado em: 05/07/2019

PALAVRAS-CHAVE:

Gerenciamento de risco, segurança do trabalho, trabalho em altura, construção civil, médio porte.

KEYWORDS:

Risk management, occupational safety, work at heights, medium size.

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

RESUMO

Visto que na atualidade a engenharia civil movimentada a economia de maneira direta, com isso mais empregos são gerados em buscar de maior qualidade, todavia a segurança dos trabalhadores quase sempre é negligenciada e em consequência disso acidentes de todo tipo de gravidade. No presente trabalho foi feita abordagem da aplicação da ferramenta FMEA (*failure mode and effects analysis*) em uma obra de médio porte situada na cidade de Imperatriz-MA. Primeiramente no trabalho foi realizado um levantamento fotográfico na obra das inconformidades com as NRs, depois enumerados os principais riscos aos trabalhadores e baseado nos dados adquiridos foram feitas a priorização de risco com ajuda do FMEA. Foi observado no trabalho que boa parte das inconformidades pode ser de fácil detecção, o que leva a conclusão do desconhecimento das normas ou simplesmente descaso. Como resultado do FMEA, observa-se que as operações que

obtiveram o maior índice preliminar de risco (RPN) estão ligadas a trabalhos realizados em altura, sendo ordenados em um plano de ações corretivas ao final do trabalho.

ABSTRACT

Since civil engineering currently moves the economy in a direct way, with this more jobs are generated in pursuit of higher quality, yet the safety of workers is almost always neglected and as a consequence of this accidents of all kinds of gravity. In the present work, the application of the FMEA (failure mode and effects analysis) tool was applied in a medium-sized work located in the city of Imperatriz-MA. Firstly, a photographic survey was carried out in the work of the nonconformities with the NRs, then listed the main risks to the workers and based on the data acquired, the risk prioritization was done with the help of the FMEA. It was observed in the work that a great part of the nonconformities can be of easy detection, which leads to the conclusion of the ignorance of the norms or simply negligence. As FMEA result, was observed that work at heights operations have higher risk priority numbers. These failures modes was ordered in a corrective action plan in work conclusion.



INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, a construção civil é um setor de grande importância para qualquer economia, pois gera empregos diretos e indiretos. Além disso, sua amplitude com a diversidade de tipos de mão de obra e a ausência de restrições para recrutamento de empregados também contribui a situação do risco ao colaborador (Takahashi, 2012). Neste sentido, Santana e Oliveira (2004) relatam que os trabalhadores da construção civil convivem em situações precárias de trabalho quando comparados com outros trabalhadores de outros setores. A situação dos trabalhadores da construção civil na maioria dos casos se assemelha a realidade vivida pelos os trabalhadores informais – aqueles que trabalham sem contratos assinados ou sob a regulamentação da CLT – consolidação das leis trabalhistas.

Nos últimos anos foi verificado um aumento no número de acidentes e até mesmo a morte de trabalhadores na construção civil em todo o país, principalmente por soterramento, choque elétrico e a queda em consequência do trabalho em altura (Mendes, 2013). Os trabalhos executados em altura, em especial, proporcionam uma grande exposição ao trabalhador de variados tipos de risco. Principalmente devido à diversidade de situações da atividade, como trabalhos com andaimes, trabalhos com escadas, trabalhos em telhados, entre outros. (Carlos, 2015).

As quedas que ocorrem em trabalhos em altura foram responsáveis por 25% dos acidentes no setor da construção civil no Rio Grande do Sul em 1996 e 1997, levando em conta os fatais e não fatais. No Rio de Janeiro entre os anos de 1997 e 2001, as quedas com diferença de níveis foram apontadas como a principal causa de acidentes fatais na construção civil, responsável 33%. Já na indústria inglesa, em altura são responsáveis por 52% dos acidentes fatais (Dors, et al., 2011).

Em 2012 o governo sancionou a NR-35 (Norma Regulamentadora nº 35 da Portaria 3.214 de oito de junho de 1978 do Ministério do Trabalho e Emprego – MTE), definindo o trabalho em altura e seus aspectos de segurança realizados acima de dois metros do nível do piso. A norma também apresenta técnicas para treinamentos, planejamento, capacitação e várias outras com finalidade de reduzir o risco de acidentes (Ministério do Trabalho, 2012).

A NR-35 (Trabalho em altura) está relacionada com NR-6 (Equipamentos de proteção individual) e aNR-18 (Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção). Devido a isso, sempre que possível devem ser feito uma revisão dessas Normas



Citação (APA): Jorge, G.P. do N., Sousa, M.J.A. de, & Cavaignac, A.L. de O.(2019). Priorização de risco em obra de médio porte por meio da utilização do FMEA: uma ferramenta de melhoria para segurança do trabalho em altura. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 35-53.

Regulamentadoras em atividades voltadas à construção civil para se evitar situações de falha (Fraga, 2016).

Para Rausand e Oien (1996), a falha está diretamente ligada com conceito de confiabilidade, sendo a definição de falha, o termino da capacidade de um item para o desempenho de uma função requerida. A qualidade de uma análise de confiabilidade depende da identificação de todas as funções desempenhadas pelos componentes e suas possíveis falhas com seu potencial de ocorrência. Com a conscientização dos consumidores, que não priorizam o produto apenas pelo preço, a qualidade tornou-se indispensável. Porém, as empresas falham quando não relacionam os seus objetivos, ou seja, a qualidade com o programa de ergonomia e segurança eficiente (Grohmann, 1997).

Para se evitar um risco de acidente ou incidente que pode acarretar em lesões corporais até tragédia fatal, é exigido um planejamento detalhado de todos os processos e recursos da obra, desde a qualificação do trabalhador até a manutenção dos equipamentos (Mendes, 2013). Além disso, para diminuir o risco que os operários são submetidos, é essencial a aplicação de ferramentas de gerenciamento de risco laboral (Saliba, 2018).

O FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) é considerado uma importante ferramenta para análise de falhas. Por meio do uso de três fatores quantitativos- ocorrência (O), detecção (D) e severidade (S), é realizada uma classificação segundo os graus de importância, de acordo com risco potencial, representado no FMEA por meio do RPN (*Risk Priority Number*) (Stamatis, 2003).

A severidade (S) é a hierarquização que aponta a gravidade de uma potencial falha, medida de 1 a 10, que vai de consequências sem danos até danos trágicos ou irreparáveis. A detecção (D) quantifica a dificuldade de um possível cenário de falha ser identificado antes que a mesma ocorra, partindo da certeza de detecção, com índice 1, até a impossibilidade de detecção, com índice 10. Já a ocorrência (O) é a aproximação da frequência ou probabilidade do acontecimento do modo de falha. O método mais aconselhável para determinar o seu valor, é por meio da utilização de dados reais do processo, porém, na falta de dados anteriores para avaliação, podem ser atribuídos escalas qualitativas baseado na experiência dos operadores (Mcdermott, et al., 2009).

Existem dificuldades na aplicação do FMEA devido à inconsistência dos valores de riscos obtidos, dependência de dados recolhidos por meio das experiências dos colaboradores e da



Citação (APA): Jorge, G.P. do N., Sousa, M.J.A. de, & Cavaignac, A.L. de O.(2019). Priorização de risco em obra de médio porte por meio da utilização do FMEA: uma ferramenta de melhoria para segurança do trabalho em altura. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 35-53.

exigência de tempo para a implementação da ferramenta (Laurenti, et al., 2012). Essas dificuldades também foram relatadas na aplicação do FMEA em segurança ocupacional na construção civil (Cavaignac & Forte, 2018).

Para reduzir a dificuldade da aplicação e contribuir com a difusão do uso do FMEA em segurança ocupacional, Cavaignac & Uchoa, (2018), em um estudo recente, propuseram tabelas de referência para a correlação de cada índice (S), (O) e (D), com situações qualitativas reais em campo. A partir desta tabela, cada situação observada e classificada qualitativamente é rapidamente relacionada com o índice quantitativo, obedecendo a interpretação de evolução do melhor cenário ao pior cenário, partindo do índice 1 ao índice 10. A tabela 1 abaixo mostra a correlação entre a observação qualitativa com os índices numéricos.

Tabela 1- 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 | Teste tátil/teste manual |
| 3 | Trauma que requer primeiros socorros | 5 | Impacto contra | 3 | |
| 4 | Incapacidade temporária sem | 5 | Esforço excessivo ou inadequado | 4 | |
| 5 | Incapacidade temporária com afastamento curto | 5 | Prensagem ou aprisionamento | 5 | Aplicação de checklist / sequência de testes antes da tarefa |
| 6 | Incapacidade temporária com afastamento longo | 5 | Queda em mesmo nível | 6 | |
| 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 | 4 | Choque elétrico | 9 | |
| 10 | Óbito de não envolvidos no | 3 | Atrito ou abrasão | 10 | Ausência de métodos efetivos |
| | | 3 | Contato com temperatura | | |

Fonte: Cavaignac & Uchoa, 2018. Adaptado.

Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo a análise da situação de risco laboral que os colaboradores de obras de médio porte estão expostos, em especial nas funções



Citação (APA): Jorge, G.P. do N., Sousa, M.J.A. de, & Cavaignac, A.L. de O.(2019). Priorização de risco em obra de médio porte por meio da utilização do FMEA: uma ferramenta de melhoria para segurança do trabalho em altura. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 35-53.

realizadas em altura. Para tal análise, será utilizada a ferramenta FMEA, que oferece um modo efetivo de priorização dos riscos por meio de uma análise quantitativa.

METODOLOGIA

O trabalho foi baseado em um estudo de caso em uma obra na construção civil de médio porte, situada no município de Imperatriz no estado do Maranhão. A obra era de múltiplas casas de habitação popular, em total de 309 casas. Na ocasião a obra se encontrava na cobertura dos telhados das casas e do salão de festa, onde existia várias frentes de serviços no mesmo tempo, com cerca de 200 funcionários. Foram registradas *in loco* as observações e depoimentos dos colaboradores em trabalhos feitos em altura, posteriormente foi realizado o levantamento de dados para a aplicação do FMEA em quatro momentos críticos em riscos ocupacionais: utilização de escadas, utilização de andaime, colocação da estrutura de telhado e as telhas, utilização de EPIs.

Foram realizados registros fotográficos dos processos realizados e foi criada uma discussão em relação a adequações e inadequações às normas regulamentadoras aplicáveis nas situações. Posteriormente a partir da verificação desses dados das possíveis falhas e aplicadas no FMEA. Por último foram feitas tabelas de FMEA para cada processo incluindo um modo de falha, causas, efeitos, métodos de detecção, ações corretivas e a obtenção do RPN. Com isso foi concebível fazer as comparações, preferindo os momentos com maior índice de risco e os que necessitam de corretivas imediatas, produzindo um plano de ações corretivas. A Figura 1 mostra o fluxograma com as etapas de execução da pesquisa.

Figura 1. Fluxograma das etapas de execução da pesquisa



Fonte: Cavaignac & Forte (2018), adaptado.

Não-Conformidades Observadas nas Obras

A seguir nas observações feitas na obra, que foram registradas em fotografias, se percebem divergências em relação às NRs, e foram observadas constantemente inconformidades *in loco* no canteiro. Além disso, o que era mencionado pelos trabalhadores complementava as



Citação (APA): Jorge, G.P. do N., Sousa, M.J.A. de, & Cavaignac, A.L. de O.(2019). Priorização de risco em obra de médio porte por meio da utilização do FMEA: uma ferramenta de melhoria para segurança do trabalho em altura. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 35-53.

imagens das fotografias, mostrando situações de risco. As divergências nas NRs podem ser observadas nas figuras de 1 a 6, onde é importante mencionar também que, em algumas situações, os próprios operários se colocam em situações de riscos por meio de comportamentos inseguros.

Nas figuras de 1 a 6 é observado o trabalho em altura realizado de maneira irregular, visto que em quase todas as imagens a falta do uso dos dispositivos de segurança contra queda – mostrando descaso em relação NR 35 – e quando foi usado, sua ancoragem foi colocada de maneira irregular. Além disso, a ausência dos guarda-corpos e rodapés principalmente nos andaimes fere as NRs 18 e 35, visto a que são indispensáveis para prevenir o risco de queda tanto do operário ocasionando uma lesão ou fatalidade como também de alguma ferramenta ou material atinja algum outro funcionário no nível abaixo. Soma-se a isso o fato de que a área não está devidamente sinalizada e isolada conforme a NR 18. A seguir, as figuras de 1 a 6 registradas durante a observação *in loco*, seguida da discussão sobre cada situação encontrada.

Figura 1 – Registro das divergências relacionada à segurança, observadas no trabalhador e no ambiente de trabalho, sendo a falta de (1) capacete;(2) dispositivo de segurança contra queda; (3) piso de forração do andaime incompleto; (4) guarda corpo e rodapé; além do (5) risco de queda de material ou ferramenta.



Fonte: Autores, 2019



Citação (APA): Jorge, G.P. do N., Sousa, M.J.A. de, & Cavaignac, A.L. de O.(2019). Priorização de risco em obra de médio porte por meio da utilização do FMEA: uma ferramenta de melhoria para segurança do trabalho em altura. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 35-53.

Figura 2- Trabalhador com inconformidades no local de trabalho: (1) ancoragem irregular; (2) piso de forração do andaime incompleto; (3) falta de guarda corpo e rodapé; e (4) risco de queda de material ou ferramenta.



Fonte: Autores, 2019.

Nas Figuras 2 e 3 o andaime está apoiado de formar irregular, onde deveria ser apoiados sobre superfície plana, que resista a seus esforços e permita a sua segura movimentação por meio de rodízios.

O uso dos EPIs é de uso obrigatório e cabe o empregador o fornecimento com Certificado de Aprovação (CA) de acordo com NR 6. Mesmo assim, ainda é um tema que precisa ser debatido, pois como foi visto nas figuras 1, 4 e 5, é recorrente a não utilização dos mesmos. A utilização do capacete tem como finalidade a proteção contra impactos de objetos sobre o crânio, contra choques elétricos, além do crânio a face contra fontes geradoras de calor coincidente com NR 6. Também mencionado pela mesma norma é indispensável o uso da luva de segurança para proteção das mãos contra agentes cortantes e perfurantes.



Citação (APA): Jorge, G.P. do N., Sousa, M.J.A. de, & Cavaignac, A.L. de O.(2019). Priorização de risco em obra de médio porte por meio da utilização do FMEA: uma ferramenta de melhoria para segurança do trabalho em altura. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 35-53.

Figura 3 – Andaime da figura 2 apoiado de maneira irregular.



Fonte: Autores, 2019

Figura 4 – Trabalhador em situação de risco por falta de: (1) uso de luvas; (2) dispositivo de segurança contra queda; (3) cabo-guia de aço; (4) sinalização e isolamento da área; (5) local adequado para serviço de carpintaria.



Fonte: Autores, 2019.

Já figura 4 se observa a execução de uma tarefa de carpintaria em lugar totalmente impróprio, com uso de uma serra circular. De acordo com a NR 18, o serviço de carpintaria deveria ser em um local dotado de mesa estável, com fechamento de suas faces inferiores, anterior e



Citação (APA): Jorge, G.P. do N., Sousa, M.J.A. de, & Cavaignac, A.L. de O.(2019). Priorização de risco em obra de médio porte por meio da utilização do FMEA: uma ferramenta de melhoria para segurança do trabalho em altura. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 35-53.

posterior, construída em madeira resistente e de primeira qualidade, material metálico ou similar de resistência equivalente, sem irregularidades, com dimensionamento suficiente para a execução das tarefas e também terem piso resistente, nivelado e antiderrapante, com cobertura capaz de proteger os trabalhadores contra quedas de materiais e intempéries.

Figura 5- Registro de inconformidades graves em relação às NRs na colação das telhas, como falta do (1) dispositivo de segurança contra queda; (2) cabo-guia de aço; (3) sinalização e isolamento da área; além de (4) transporte inadequado do material; (5) local inadequado para armazenagem/espera do material;(6) falta do capacete.



Fonte: Autores, 2019.

A figura 5 mostra um trabalho bastante frequente em obra - que quase sempre se passa despercebido: a execução de telhamento da cobertura. Neste serviço é encontrado um conjunto de inconformidades em relação à NR 6, 18 e 35. Pode-se citar por exemplo: a falta de uso de capacete; transporte impróprio das telhas; ausência de sinalização e isolamento do local; e armazenamento impróprio das telhas sobre a estrutura de suporte do telhado. Soma-se a isso a falta da instalação de cabo guia ou cabo de segurança para fixação de mecanismo de ligação por talabarte acoplado ao cinto de segurança tipo paraquedista e a falta de equipamentos de transporte vertical de materiais, que devem ser projetados, dimensionados e especificados tecnicamente por profissional legalmente habilitado.

Figura 6 – Registro de situações que estão em inconformidade com as NRs: (1) escada não apoiada em piso resistente; (2) escada situada nas proximidades de portas ou áreas de circulação; (3) escada colocada em lugar com risco de queda de objetos ou materiais;



Citação (APA): Jorge, G.P. do N., Sousa, M.J.A. de, & Cavaignac, A.L. de O.(2019). Priorização de risco em obra de médio porte por meio da utilização do FMEA: uma ferramenta de melhoria para segurança do trabalho em altura. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 35-53.

(4) Construída com madeira de má qualidade; (5) andaime com ausência de dispositivo de segurança contra queda; (6) piso de forração do andaime incompleto; (7) ausência de guarda corpo e rodapé.



Fonte: Autores, 2019.

Na figura 6 podemos ver inconformidades em relação à NR 18 no que diz respeito a utilização de escadas de mão. Por ter seu uso em diversas atividades rotineiras, os riscos são negligenciados – como observado na imagem. A escada está apoiada em solo úmido, sem o nivelamento adequado e também na proximidade de porta e janelas. Além disso, há o risco de queda de material em local onde tem o fluxo de entrada e saída - e no caso da figura outro operário trabalhando um nível abaixo no andaime. Em relação ao material, não aparenta ser de boa qualidade, pois se observa uma não uniformidade dos componentes e espessura mais fina na ponta de apoio da escada. Também como já observado nas figuras anteriores a falta do uso do cinto de paraquedas e todo o sistema de ancoragem e dos guarda-corpos e rodapés nos andaimes.

Aplicação do FMEA

O FMEA é caracterizado por medidas com finalidade de antecipar futuros problemas, necessidades ou mudanças no decorrer dos processos na obra (Palady, 1997). Nas tabelas de 2



Citação (APA): Jorge, G.P. do N., Sousa, M.J.A. de, & Cavaignac, A.L. de O.(2019). Priorização de risco em obra de médio porte por meio da utilização do FMEA: uma ferramenta de melhoria para segurança do trabalho em altura. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 35-53.

a 5 estão contidas as informações obtidas a partir da aplicação do FMEA, analisando os processos e identificando as causas da falha, natureza da ocorrência, efeitos, meio de detecção e ações corretivas. Cada causa da falha ao final obteve um RPN, a partir da multiplicação das três variáveis (Ocorrência, Severidade e Detecção), sendo estas três variáveis retiradas da tabela de referência proposta por Cavaignac & Uchoa, 2018. A abordagem sobre as seis tabelas elaboradas vem a seguir.

Tabela 2 – Uso da ferramenta FMEA sobre a utilização de andaime.

| Processo ou ação | Mdo de falha | Causa básica da falha | Natureza da ocorrência (O) | (O) | Efeitos | (S) | Meios de Detecção | (D) | Índice de risco | Ações corretivas |
|-----------------------|---------------------------------|--|----------------------------|-----|---|-----|-------------------|-----|-----------------|--------------------------------|
| Utilização de andaime | Queda do material do andaime | Falta de forração completa do andaime | Impacto sofrido | 6 | Incapacidade temporária sem afastamento | 4 | Visual | 2 | 48 | Adequação do andaime as normas |
| | | Ausência de guarda-corpo e rodapé | Queda de diferente nível | 5 | | 4 | Visual | 2 | 40 | |
| | Queda do trabalhador do andaime | Ausência de amarração e ancoragem do andaime em local fixo | Queda de diferente nível | 5 | | 4 | Visual | 2 | 40 | |
| | | Trabalhadores sem treinamento | Queda de diferente nível | 5 | | 4 | Checklist | 5 | 100 | |

Fonte: Autores, 2019; adaptado Cavaignac & Forte (2018).

O processo estudado na tabela 2 foi a utilização de andaime, podendo apresentar o modo de falha com a queda do material do andaime ou a queda do trabalhador do andaime, na primeira situação é ocasionada pela forração incompleta do andaime, que conseqüentemente alguma ferramenta ou material poderá cair para o nível mais baixo e atingir algum outro colaborador sofrendo um impacto, que tem o índice (O) igual a 6, todavia acarretará apenas incapacidade temporária sem afastamento com índice de severidade (S) igual a 4, podemos detectar esse tipo inconformidade na obra apenas pelo meio visual, adquirindo o índice (D) igual a 2, posteriormente com a multiplicação dos três índices anteriores obtemos o índice de risco igual 48, que não é um índice moderado e se deve implementar rapidamente as ações corretivas como adequar a NR-18, que cita que a forração do andaime tem que ser completa.



Citação (APA): Jorge, G.P. do N., Sousa, M.J.A. de, & Cavaignac, A.L. de O.(2019). Priorização de risco em obra de médio porte por meio da utilização do FMEA: uma ferramenta de melhoria para segurança do trabalho em altura. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 35-53.

Já na segunda possível falha, que é a queda do trabalhador do andaime pode ser causada pela falta de guarda corpo, rodapé e/ou amarração e ancoragem em local fixo que ocasionará a queda de nível colaborador que terá o índice (O) igual 5 e como a situação anterior vai trazer uma incapacidade temporária sem afastamento com índice de severidade (S) igual a 4, que pode ser justificada pela altura moderada do andaime, também será de fácil detecção, sendo apenas o visual necessário, novamente tendo o índice (D) igual a 2 e conseqüentemente o índice de risco igual a 40, que mais uma vez para correção das possíveis falhas é adequação as normas, pois um andaime deve possuir guarda corpo e rodapé, como também o andaime deve estar devidamente amarrado e ancorado conforme as NRs. Além disso, uma causa da queda do colaborador que não foi mencionado é falta de treinamento, que o meio de detecção é um pouco complexo chegando ao índice (D) igual 5, pois é *checklist*, devido isso que o índice de risco é maior que os anteriores chegando a 100 e sua correção é apenas com o treinamento dos operários.

Tabela 3 – Referente às figuras 2 e 3 em situações de risco em andaime.

| Processo ou ação | Modo de falha | Causa básica da falha | Natureza da ocorrência (O) | (O) | Efeitos | (S) | Meios de Detecção | (D) | Índice de risco | Ações corretivas |
|-----------------------|------------------------------|---|----------------------------|-----|--------------------------------------|-----|-------------------|-----|-----------------|--------------------------------|
| Utilização de andaime | Queda do material do andaime | Falta de forração completa do andaime | Impacto sofrido | 6 | Morte dos não envolvidos do processo | 10 | Visual | 2 | 120 | Adequação do andaime as normas |
| | | Ausência de guarda-corpo e rodapé | Queda de diferente nível | 5 | Incapacidade permanente e parcial | 7 | Visual | 2 | 70 | |
| | | Queda do trabalhador do andaime em local fixo | Queda de diferente nível | 5 | Incapacidade permanente e parcial | 7 | Visual | 2 | 70 | |
| | | Trabalhadores sem treinamento | Queda de diferente nível | 5 | Incapacidade permanente e parcial | 7 | <i>Checklist</i> | 5 | 175 | |

Fonte: Autores, 2019; adaptado Cavaignac & Forte (2018).



Citação (APA): Jorge, G.P. do N., Sousa, M.J.A. de, & Cavaignac, A.L. de O.(2019). Priorização de risco em obra de médio porte por meio da utilização do FMEA: uma ferramenta de melhoria para segurança do trabalho em altura. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 35-53.

Apesar de o processo ser o mesmo da tabela anterior, todavia é mais perigoso, como é confirmado no índice de risco mais elevado que a tabela 2, chegando a 175, mesmo que apresente identicamente as causas básicas das falhas como: forragem incompleta dos andaimes; e ausência do guarda-corpo e rodapé. Nota-se que a altura é mais elevada e consequentemente oferece mais risco. Percebe-se também que as naturezas de ocorrências e formas de detecção são as mesmas que da tabela anterior, portanto obtendo os mesmo índices de (O) e (D), porém o que chama atenção para esse processo é alta nos índices de severidade (S), porque como foi mencionado o trabalho está sendo realizado em uma altura bastante considerável. Os índices de severidade (S) quando o trabalhador cair de nível mais alto para um baixo nesse processo, em todas as causas os efeitos que podem acontecer são incapacidade permanente parcial, com índice(S) igual 7, o que é bastante preocupante. Não se pode ignorar a hipótese da queda material do andaime dessa altura irá gerar um impacto muito grande ao atingir um transeunte, podendo ocasionar na pior das hipóteses a morte de pessoas não envolvidas no processo - justificando o índice máximo de severidade igual a 10. Portanto como a maioria dessas inconformidades podem ser vista apenas com visual, a ação deve ser imediata a fim de colocar o andaime em conformidade com as NRs.

Tabela 4 -Serviços de telhado das Figuras 4 e 5.

| Processo ou ação | Modo de falha | Causa básica da falha | Natureza da ocorrência (O) | (O) | Efeitos | (S) | Meios de Detecção | (D) | Índice de risco | Ações corretivas |
|----------------------|---------------|--|----------------------------|-----|-------------------------------|-----|-------------------|-----|-----------------|---------------------------------|
| Queda do trabalhador | | Falta do cabo guia ou dispositivo contra queda | Queda de diferente nível | 5 | Incapacidade temporária curta | 5 | Checklist | 5 | 125 | Uso do equipamento contra queda |
| | | Trabalhadores sem treinamento | Queda de diferente nível | 5 | Incapacidade temporária curta | 5 | Checklist | 5 | 125 | Realizar treinamento |
| | | Transporte irregular das | Impacto | | Incapacidade | | | | | Uso de equipamento |



Citação (APA): Jorge, G.P. do N., Sousa, M.J.A. de, & Cavaignac, A.L. de O.(2019). Priorização de risco em obra de médio porte por meio da utilização do FMEA: uma ferramenta de melhoria para segurança do trabalho em altura. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 35-53.

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------|---|---------------------------------|---|-----------|---|-----|---|
| Serviços de Telhado | Queda do material (telhas) | telhas | sofrido | 6 | temporária longa | 6 | Visual | 1 | 36 | adequado para transporte |
| | Armazenagem inadequada das telhas | | Impacto sofrido | 6 | Incapacidade temporária longa | 6 | Visual | 1 | 36 | Evitar local inadequado |
| | Corte com a serra circular | Ausência de EPIs | Atrito ou abrasão | 3 | Incapacidade permanente parcial | 7 | Visual | 1 | 21 | Conscientizar os trabalhadores sobre o seu uso; |
| | Queda do trabalhador com a máquina | Ausência de EPIs / Ato inseguro | Impacto sofrido | 6 | Incapacidade permanente total | 8 | Checklist | 5 | 240 | exigir o uso; fiscalizar o uso dos EPIs e local próprio para serviço de carpintaria |
| | Queda apenas da serra circular | Ato inseguro | Impacto sofrido | 6 | Incapacidade permanente parcial | 7 | Visual | 1 | 42 | |

Fonte: Autores, 2019; adaptado Cavaignac & Forte (2018).

No presente serviço de telhado pode acontecer à queda do trabalhador causada pela falta do cabo guia de aço ou dispositivo contra queda, que são exigidos pelas NRs, como também o trabalhador sem treinamento pode gerar a queda de diferente nível. Ambas as situações possuem a mesma natureza de ocorrência, portanto tendo o mesmo índice (O) que é igual 5, podendo acarretar em uma incapacidade temporária curta com índice de severidade (S) igual 5 e o meio de detecção das duas possíveis falhas acontecem por meio de *checklist*, que possui o índice (D) igual 5, por fim o índice de risco de ambas chegam a 125, as soluções corretivas são o uso de equipamentos contra queda e a realização de treinamento com colaboradores, respectivamente.



Citação (APA): Jorge, G.P. do N., Sousa, M.J.A. de, & Cavaignac, A.L. de O.(2019). Priorização de risco em obra de médio porte por meio da utilização do FMEA: uma ferramenta de melhoria para segurança do trabalho em altura. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 35-53.

Outro possível acidente no processo é a queda de material ocasionado por duas possíveis causas nas ações da tabela 3, que são o transporte e armazenagem inadequada das telhas. A queda das telhas poderá atingir transeuntes no nível inferior, tendo o índice (O) igual a 6, classificando como queda de matérias. Com possível efeito de gerar uma incapacidade temporária longa, se atribui índice de severidade igual a 6. Por outro lado, o meio de detecção dessas possíveis falhas é o visual, que é igual 1. Deste modo se obtém o índice de risco para ambas causas de 36. As NRs mencionam quando se faz esses tipos de serviços citados acima, se deve isolar e sinalizar a área, além do transporte ser de maneira adequada para não ocorrer risco de queda material e preservar a saúde do colaborador. Outro ponto a se destacar é o peso acumulado das telhas armazenadas sobre estrutura - que não foi projetada para receber aquela carga pontual. As telhas devem ser armazenadas em local apropriado ou em menor quantidade.

Na tabela 4 temos o uso da serra circular sem o uso do EPI, no caso a luva, que poderia evitar um possível corte ou algo mais grave, tendo a natureza de ocorrência relacionada com abrasão e possui o índice (O) igual a 3. Esta falha pode gerar uma incapacidade permanente ou parcial com índice de severidade (S) igual a 7, mas possui uma detecção fácil, pois é visual e o índice (D) é igual a 1, consequentemente se obtém índice de risco igual a 21. Como ação corretiva, se deve exigir o uso de EPIs por meio de fiscalização dos envolvidos.

Na obra estudada o serviço de carpintaria é realizado em altura – em cima da estrutura do telhado -e sem EPI contra queda. Este procedimento contraria a NR N° 18, que regulamenta que os serviços de carpintaria devem ser feitos em lugares próprios. Este procedimento pode gerar queda com a máquina sofrendo um impacto, sendo essa natureza de ocorrência de índice (O) igual a 6. Quanto aos efeitos, pode ocasionar uma incapacidade permanente total com índice de severidade igual a 8. Os métodos de detecção seriam elencados em *checklist* próprio, pois seria pela visualização do trabalho em local inapropriado e falta do EPI contra queda, ficando com índice (D) igual 5 e consequentemente tendo um índice de risco igual 240, caracterizando um serviço inseguro que deve ser parado imediatamente – e substituído pelo procedimento de carpintaria em lugar apropriado. Outra possível situação estudada seria apenas a queda da máquina, vista apenas com um ato irresponsável que iria gerar um impacto de uma máquina cortante em quem estivesse embaixo no local, com natureza de ocorrência também igual a 6 - causando uma incapacidade permanente parcial -e índice de severidade (S)



Citação (APA): Jorge, G.P. do N., Sousa, M.J.A. de, & Cavaignac, A.L. de O.(2019). Priorização de risco em obra de médio porte por meio da utilização do FMEA: uma ferramenta de melhoria para segurança do trabalho em altura. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 35-53.

igual a 7, que poderia ter sua detecção apenas visual, de índice (D) igual a 1, pois é um serviço em um local inadequado.

Tabela 5- Aplicação do FMEA na utilização da escada.

| Processo ou ação | Modo de falha | Causa básica da falha | Natureza da ocorrência (O) | (O) | Efeitos | (S) | Meios de Detecção | (D) | Índice de risco | Ações corretivas |
|----------------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-----|---|-----|----------------------------------|-----|-----------------|----------------------|
| Utilização da escada | Quebra da escada | Falta de resistência do material | | 5 | | 5 | Ausência de métodos de avaliação | 10 | 250 | |
| | | Falta de estabilidade | | 5 | | 5 | | 5 | 125 | |
| | Queda do colaborador da escada | Tipo inadequado | Queda com diferença de nível | 5 | Incapacidade temporária com afastamento curto | 5 | Checklist | 5 | 125 | troca da escada |
| | | Falta de habilidade do usuário | | 5 | | 5 | | 5 | 125 | Realizar treinamento |

Fonte: Autores, 2019; adaptado Cavaignac & Forte (2018).

A quebra da escada pode ser ocasionada devido à falta de resistência do material, pois geralmente a confeccionam com sobras de madeiras, chegando ao um índice de risco de 250 - que devido à falta de métodos de avaliação para detecção, atribui-se índice 10, o que contribui substancialmente para esse elevado RPN. Portanto, o uso de escadas improvisadas precisa ser revisto com urgência pela ausência de métodos de avaliação da resistência das mesmas.

Muitas quedas por meio de escada acontecem por falta de estabilidade, que apresentar o segundo maior índice de risco - 125, porque na maioria das vezes ela é apoiada em locais impróprios como é visto na figura 6, possibilitando um deslocamento da escada, ocasionando a queda do trabalhador provocando de lesões recuperáveis a casos extremos de lesões permanentes. Vale mencionar que a escolha do tipo da escada inadequada para o serviço pode também ocasionar a queda, pois é não será instável para o local ou serviço onde será executado o processo.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do FMEA para questões de segurança na construção civil ainda é escasso, todavia, foi encontrado o mesmo grupo de inconformidades do estudo realizado por CAVAIGNAC & FORTE (2018) em obra de pequeno porte - principalmente relacionadas à EPIs e utilização andaimes e escadas. Portanto, com a realização do nosso trabalho realizado em uma obra de médio porte podemos observar as mesmas situações que divergem das NRs nas mesmas atividades em obras de pequeno porte. Neste sentido, apesar da diferença de porte, observa-se uma semelhança na situação do colaborador em obras de pequeno e médio porte. Uma continuação desta pesquisa é investigar a situação dos colaboradores no uso de EPIs, andaimes e escadas, em obras de grande porte.

Percebemos também nesse artigo que a execução de serviços em locais inapropriados apresentou um índice risco alto - como no caso dos serviços de carpintaria realizados em cima do telhado - principalmente pelo uso negligente da serra circular fora do ambiente controlado da carpintaria. O que também é bastante preocupante é que os serviços em telhado são feitos rotineiramente de maneira insegura, tanto em empresas como no trabalhos informais.

Vale ressaltar também que a utilização do FMEA – os números preliminares de risco obtidos para cada modo de falha - pode orientar subsequentes planos de ações corretivas a partir da ordenação das situações mais graves a serem corrigidas. A tabela 6 a seguir contém um plano de ações corretivas sugerido para a situação geral encontrada na obra do estudo, propondo uma sequência de ações a partir dos números de risco maiores.

Tabela 6 – Plano de ações corretivas para a obra do estudo

| Ordem | Modo de falha | Causa básica da falha | Número preliminar de risco (RPN) | Ações Corretivas |
|--------------|------------------------------------|---------------------------------|---|--|
| 1º | Quebra da escada | Falta resistência do material | 250 | Troca da escada |
| 2º | Queda do trabalhador com a máquina | Ausência de EPIs / Ato inseguro | 240 | Treinamento e conscientização do colaborador |
| 3º | Queda do trabalhador do andaime | Falta de treinamento | 170 | Realização de treinamento |

Fonte: Autores, 2019.

O maior número preliminar de risco foi obtido pelo modo de falha da quebra da escada, que é solucionado com a substituição por uma escada adequada. Observa-se que para os demais



Citação (APA): Jorge, G.P. do N., Sousa, M.J.A. de, & Cavaignac, A.L. de O.(2019). Priorização de risco em obra de médio porte por meio da utilização do FMEA: uma ferramenta de melhoria para segurança do trabalho em altura. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 35-53.

modos de falha com índices altos a realização urgente de treinamento com os colaboradores é parte fundamental da correção da situação - uma ação corretiva que ajuda a solucionar vários problemas de uma vez. Neste sentido, o presente trabalho mostra que a aplicação do FMEA em segurança do trabalho é uma ferramenta eficaz para a priorização de risco em um ambiente de trabalho. Vale ressaltar que o uso da tabela de referência proposta por Cavaignac & Uchôa, (2018), tornou a aplicação do FMEA mais objetiva e a escolha dos índices S, O e D menos dúbia, ajudando a diminuir a problemática descrita por Laurenti, et al., (2012). Desta forma, a tabela de referência acaba facilitando a aplicação da ferramenta em campo – inclusive pelo corpo técnico responsável pelas ações de segurança ocupacional que não tenham total familiarização com o funcionamento da mesma.

REFERÊNCIAS

Carlos, C.L. (2015) *Identificação dos Riscos em Obras de Edificações Residenciais na Realização de Trabalhos em Altura*. 51 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão.

Cavaignac, A.L.O., & Uchoa, J.G.L. (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.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 - BJPE*, 4(3), 132-149.

Dors, L., Gomes, A., Pandolfo, A., Kurek, J., Pandolfo, L., & Bordignon, S. (2011). Métodos mais seguros: proteção coletiva é alternativa eficaz contra quedas. *Revista Proteção*. Novo Hamburgo, 238, 84-92.

Dul, J. & Weerdmeester, B. (2004). *Ergonomia prática*. São Paulo: Edgard Blücher.

Fraga, Y.S.B., & Meneses, C.A.S. (2016). Análise das normas regulamentadoras ligadas ao trabalho em altura na construção civil. *Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT*, 3(3), 33. Retirado de: <https://periodicos.set.edu.br/index.php/cadernoexatas/article/view/3270/1946>. Em 17/06/2019.



- Citação (APA): Jorge, G.P. do N., Sousa, M.J.A. de, & Cavaignac, A.L. de O.(2019). Priorização de risco em obra de médio porte por meio da utilização do FMEA: uma ferramenta de melhoria para segurança do trabalho em altura. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(3): 35-53.
- Grohmann, M.Z. (1997). *Segurança no trabalho através do uso de EPI's: estudo de caso realizado na construção civil de Santa Maria*. Universidade Federal de Santa Maria-Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.
- Laurenti, R., Villari, B.D., & Rozenfeld, H. (2012). Problemas e melhorias do método FMEA: uma revisão sistemática da literatura. *Pesquisa & Desenvolvimento em Produção*, 10(1), 59-70.
- Mcdermott, R., Mikulak, R.J., & Beauregard, M. (2009). *The basics of FMEA*. 2. ed. CRC Press.
- Mendes, M.R.A. (2013). *Prevenção de acidentes nos trabalhos em altura*. Juiz de Fora: Faculdade de Engenharia-UFJF, 61p. Retirado em http://www.ufjf.br/engenhariacivil/files/2012/10/TCC_Seg_Trabalho_-_M%C3%A1rcio_Mendes.pdf. Em 17/06/2019.
- Palady, P. (1997). *FMEA - análise dos modos de falha e efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram*. São Paulo: IMAN.
- Rausand, M., & Oien, K. (1996). The basic concepts of failure analysis. *Reliability Engineering and System Safety*, 53(1), 73-83. doi:10.1016/0951-8320(96)00010-5
- Saliba, T.M., & Pagano, S.C.R.S. (2018) *Legislação de segurança, acidente do trabalho e saúde do trabalhador*. São Paulo: LTR.
- Santana, V.S., & Oliveira, R.P. (2004). Saúde e trabalho na construção civil em uma área urbana do Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 20(3), 797-811.
- Stamatis, D.H. (2003). *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from theory to execution*. Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press, second edition.
- Takahashi, M.A.B., Silva, R.C., Lacorte, L.E.C., Ceverny, G.C.O., & Vilela, R.A.G. (2012) Precarização do Trabalho e Risco de Acidentes na construção civil: um estudo com base na Análise Coletiva do Trabalho (ACT). *Saúde e Sociedade*, 21, 976-988.

