APLICAÇÃO DA METODOLOGIA FMEA NA CRIAÇÃO DE UM BANCO DE DADOS DE OCORRÊNCIAS PÓS-OBRA COMO FERRAMENTA DE RETROALIMENTAÇÃO[1]

CHAGAS, F. C. F., Universidade Federal do Pará, e-mail: felipecassianoeng@gmail.com; SANTANA, W. B., Instituto Federal do Pará, e-mail: wylliam.santana@ifpa.edu.br; OLIVEIRA, F. de A., Universidade Federal do Pará; e-mail: fabriccioalmeida@hotmail.com; MAUÉS, L. M. F., Universidade Federal do Pará, e-mail: maues@ufpa.br

ABSTRACT

The change of necessities and expectations from customers and the increasing market competitiveness induce companies to continuously improve their products and processes. Two main steps towards that are standardizing procedures and obtaining data feedback. However, in order for such feedback to effectively exist, it is necessary to create a database and to use information systems capable of storing, processing and distributing the collected data, to transform it into useful information. This way, this study defines as main goals the standardization of procedures and of information flow, the mapping of post-construction events and the proposal of a feedback tool; everything focused in a medium-sized construction company in the city of Belém (PA). The aforementioned tool is a database based on the FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) methodology capable of organizing post-construction events within a given hierarchy, identifying those whose problem results more important. Besides, it identifies the causes and the consequences of such problem. The results gathered so far are satisfactory, given that they helped the company's managers to identify the most impacting systems for processing data and planning new strategies to improve future projects.

***Keywords**: Procedure standardization. Data management. Mapping of failure cases.*

1 INTRODUÇÃO

O mercado da construção civil sinaliza a necessidade de redução de gastos com atividades que não agreguem valor ao empreendimento e à garantia de satisfação do cliente. Sendo assim, os custos com reparos provenientes de assistência técnica, prejudicam a empresa tanto no aspecto financeiro quanto no mercadológico (ARANTES et. al, 2016).

Nesse contexto, pode-se destacar os vícios construtivos, que segundo o item 3.75 da ABNT NBR 13752 (1996) são todas as falhas construtivas que causam prejuízo material ao consumidor, e que implicam em gastos financeiros para repará-los, ou seja, afetam o bolso do consumidor. Desta maneira, visando unificar os termos adotados neste trabalho, manifestações patológicas serão também consideradas vícios de construção, uma vez que resultam em gastos financeiros ao consumidor.

De acordo com Liu (2017), a metodologia FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) é uma técnica de gerenciamento da qualidade eficaz na identificação e eliminação de possíveis falhas ou problemas em diferentes

[1] CHAGAS, F. C. F., *et al*. Aplicação da metodologia FMEA na criação de um banco de dados de ocorrências pós-obra como ferramenta de retroalimentação. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

produtos, projetos, sistemas e serviços. Sendo ainda considerada por Kumru (2012) uma das mais conhecidas técnicas de gerenciamento da qualidade utilizada para melhorias contínuas em projetos de produtos ou processos.

A FMEA é aplicada inicialmente de forma qualitativa, durante o levantamento sistemático dos modos de falha, a determinação de seus efeitos e dos componentes cujas falhas têm efeito crítico na operação do sistema (SAXER, 2015). Em seguida, pode-se realizar uma análise quantitativa para estabelecer a probabilidade de falha ou confiabilidade do sistema e com isso hierarquizar as falhas através do cálculo do Grau de Risco, ou *Risk Priority Number* (RPN), que é obtido por meio da multiplicação dos valores definidos para os critérios pré-determinados (SUTRISNO,2015).

De acordo com Liu (2017), o RPN surge como uma maneira de avaliar a prioridade de risco no FMEA tradicional, sendo geralmente expresso como:

$$RPN = O.S.D \quad (1)$$

Onde O, S e D são os três fatores de risco principais, os quais representam Ocorrência da falha (O), Severidade da falha (S) e Capacidade de Detecção da falha (D), respectivamente.

Vale a pena ressaltar que as análises são passíveis de adaptações, de acordo com a necessidade da indústria a qual está sendo aplicada (CUPERTINO, 2013).

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo realizar um mapeamento e análise de vícios construtivos utilizando uma ferramenta de retroalimentação baseada na metodologia FMEA em uma empresa de médio porte da cidade de Belém. Buscando a identificação das ocorrências, cujas falhas causam grande impacto no processo e propondo ações corretivas e preventivas.

2 METODOLOGIA

A pesquisa em questão trata-se de um estudo de caso realizado em duas obras de edificações verticais multi-familiares, de uma empresa de médio porte atuante na cidade de Belém-PA, no setor da construção civil, subsetor prédios residenciais.

O empreendimento A é considerado um apartamento de alto padrão na cidade, de 300 m², um por andar e 27 pavimentos, enquanto o empreendimento B é considerado um apartamento de médio padrão, de 91 m², quatro por andar e 21 pavimentos. Ambos construídos em concreto armado, vedações em tijolo cerâmico revestido com argamassa e fachada revestida em pastilha cerâmica.

A metodologia aplicada neste estudo consistiu das seguintes etapa:

a) Padronização dos procedimentos e documentos: Inicialmente, para que os dados dos vícios construtivos fossem coletados, houve a necessidade de padronizar os procedimentos de vistoria e de solicitações de assistência técnica;

b) Levantamento quantitativo das manifestações patológicas: pautado na aplicação de vistorias e consulta ao banco de dados da assistência técnica;
c) Aplicação da metodologia FMEA na identificação e hierarquização dos vícios construtivos: esta etapa pautou-se na adaptação da metodologia para se adequar às necessidades da pesquisa, aplicação nos dados obtidos e criação do Banco de Dados de vícios construtivos.

3 LEVANTAMENTO QUANTITATIVO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

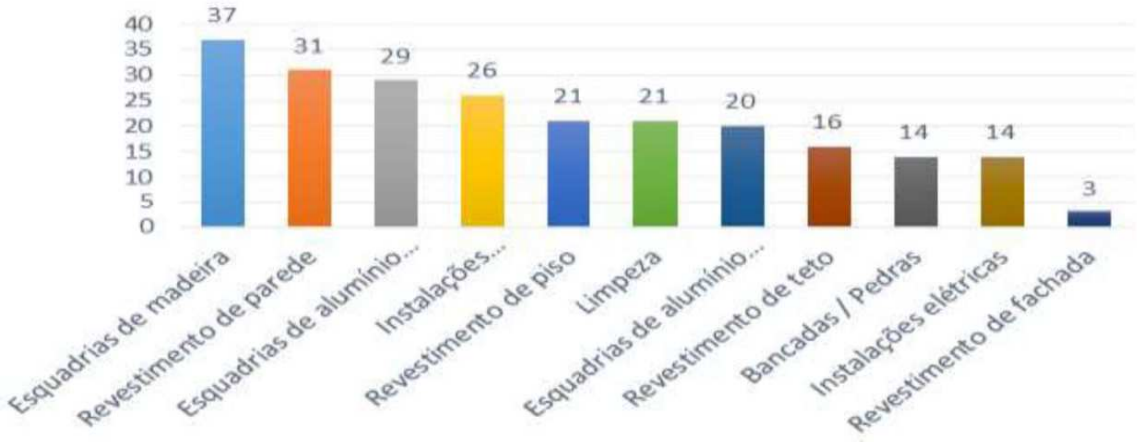
De um total de 108 unidades, dos dois empreendimentos no qual o estudo foi realizado, 47 imóveis apresentaram vícios aparentes durante a vistoria, nos quais foram computadas 292 ocorrências. Além de 31 chamados de assistência técnica, os quais totalizaram 85 ocorrências, tratadas como procedentes.

Foram realizadas duas análises principais. Uma quanto aos dados de Vistoria e uma quanto aos dados de Assistência Técnica.

3.1 Análise dos dados de vistoria

Em relação às falhas identificadas durante a vistoria do imóvel, os sistemas em que foram identificados mais vícios aparentes, foram: Esquadrias de madeira (37); Revestimento de parede (31); Esquadrias de alumínio – Portas (29); Instalações hidrossanitárias (26) e Revestimento de Piso (21), conforme indicado na Figura 01.

Figura 1 – Ocorrências por sistema



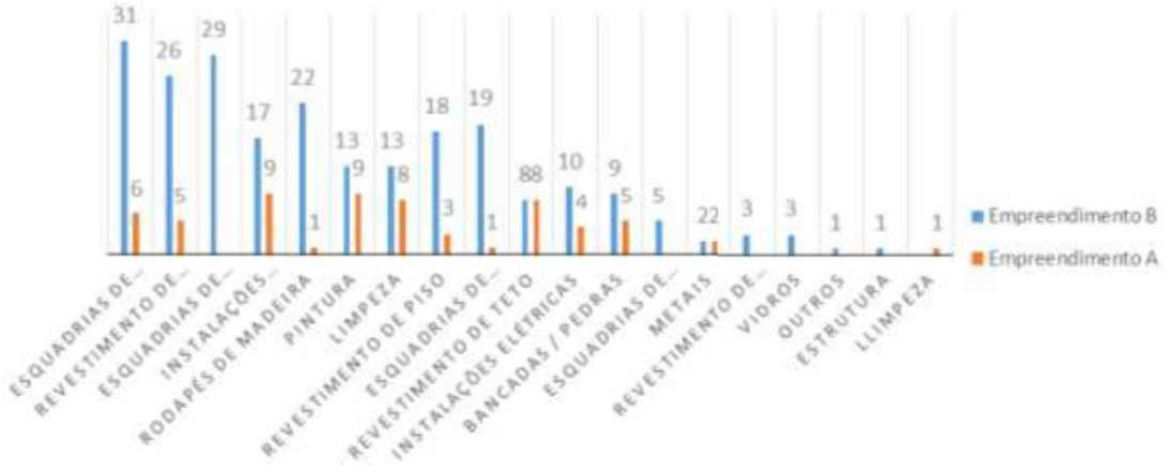
Fonte: Os autores

Devido à falta de documentação e registros, poucos dados do Empreendimento A foram computados. Ao total foram 230 ocorrências no Empreendimento B e 62 ocorrências no Empreendimento A.

Analisando a distribuição das ocorrências por empreendimento (Figura 2) nota-se o grande número de falhas em sistemas cuja garantia expira no ato da vistoria. Isso indica uma visão mais crítica do cliente, que conhecendo os

seus direitos e os prazos de garantias, faz uma análise mais criteriosa durante as vistorias.

Figura 2 – Distribuição das ocorrências de falhas por empreendimento

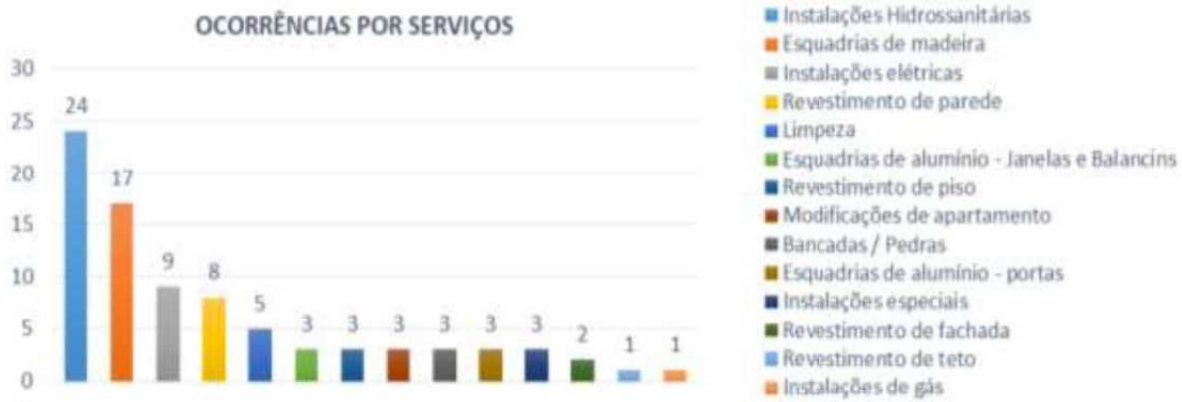


Fonte: Os autores

3.2 Análise dos dados de assistência técnica

Dentre as falhas detectadas nas assistências técnicas, os sistemas com maior número de incidentes foram: Instalações Hidrossanitárias (24); Esquadrias de madeira (17); Instalações elétricas (9) e Revestimento de parede (8). Percebe-se imediatamente uma concentração das falhas em poucos sistemas, diferente da análise realizada nas ocorrências de vistoria. A Figura 03 destaca a distribuição das falhas de assistência técnica por sistema.

Figura 3 – Distribuição das ocorrências de falhas por sistema



Fonte: Os autores

4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA FMEA

4.1 Adaptação da Metodologia FMEA

A partir do levantamento e mapeamento dos principais vícios construtivos e os seus respectivos sistemas, pode-se elaborar um banco de dados das

ocorrências detectadas no pós-obra. Essa ferramenta, tem como objetivo retroalimentar o sistema de qualidade, buscando uma diminuição ou mesmo uma anulação das ocorrências de falhas em empreendimentos futuros.

Quanto a metodologia FMEA utilizada para criação do Banco de Dados, foram feitas algumas adaptações. Os critérios adotados na avaliação de risco das ocorrências foram: Severidade (S); Complexidade de intervenção (C) e Ocorrência (O). Com base no produto destes três índices, gera-se o RPN o qual será o parâmetro para a determinação do Grau de Risco daquela ocorrência no processo. Os critérios e os seus respectivos índices são apresentados nos Quadro 1, 2 e 3.

Quadro 1 – Critérios de Severidade

Índice	Severidade	Critério
1	Pequena	Ligeira deterioração ou queda do desempenho do sistema com leve descontentamento do cliente
2	Moderada	Deterioração significativa no desempenho do sistema com descontentamento do cliente
3	Alta	Sistema deixa de funcionar gerando grande descontentamento do cliente
4	Muito Alta	Sistema deixa de funcionar gerando grande descontentamento do cliente e afetando a segurança do mesmo

Fonte: Os autores

Quadro 2 – Critérios de Complexidade de intervenção

Índice	Complexidade de intervenção	Critério
1	Simples	Intervenção realizada em uma única operação ou pontual do sistema sem a necessidade de intervenção em outros sistemas
2	Média	Intervenção moderada do sistema podendo ou não ter a necessidade de intervenção em outro sistema gerando pequenas correções no mesmo
3	Difícil	Intervenção significativa do sistema com a necessidade de intervenção em outros sistemas gerando demolição do sistema para correções e reexecução do mesmo
4	Muito difícil	Intervenção significativa do sistema com a necessidade de intervenção em mais de um sistema gerando quebra, reexecução, reforços estruturais ou reabilitação do mesmo.

Fonte: Os autores

Quadro 3 – Critérios de Ocorrência

Índice	Ocorrência	Critério
1	Remota	≤ 5%
2	Pequena	5-15%
3	Frequente	15-25%
4	Muito Frequente	≥ 25%

Fonte: Os autores

O RPN da atividade é o parâmetro que irá hierarquizar as ocorrências. Quanto maior o RPN, maior o impacto que a falha daquele serviço ou sistema causa no processo, ou seja, quanto mais elevado ele for, maior e mais rápida deverá ser a mobilização para que o problema seja sanado ou amenizado. Os intervalos do grau de risco são expostos no Quadro 4.

Quadro 4 – Intervalos de Grau de Risco

RPN	Grau de risco
≤ 4	Baixo
5 – 16	Moderado
17-32	Elevado
≥ 32	Muito elevado

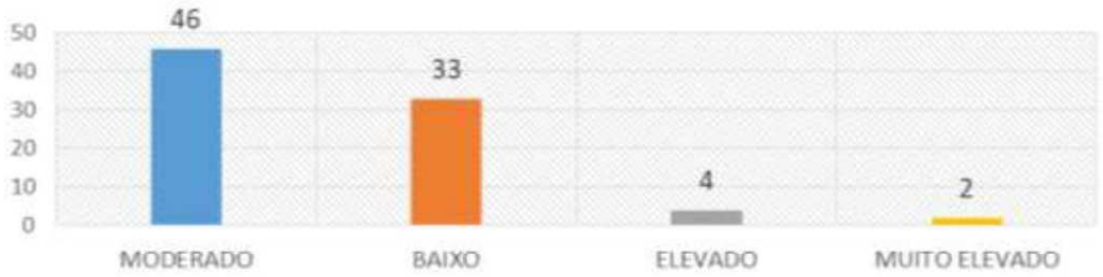
Fonte: Os autores

Cabe ressaltar o importante papel neste estudo da realização de reuniões semanais com a equipe responsável pelas ocorrências pós-obra, na qual eram discutidos os resultados obtidos semanalmente, identificadas as causas das falhas e os possíveis impactos gerados por elas e eram determinados os índices para o cálculo do RPN.

4.2 Criação do Banco de Dados com Vícios Construtivos

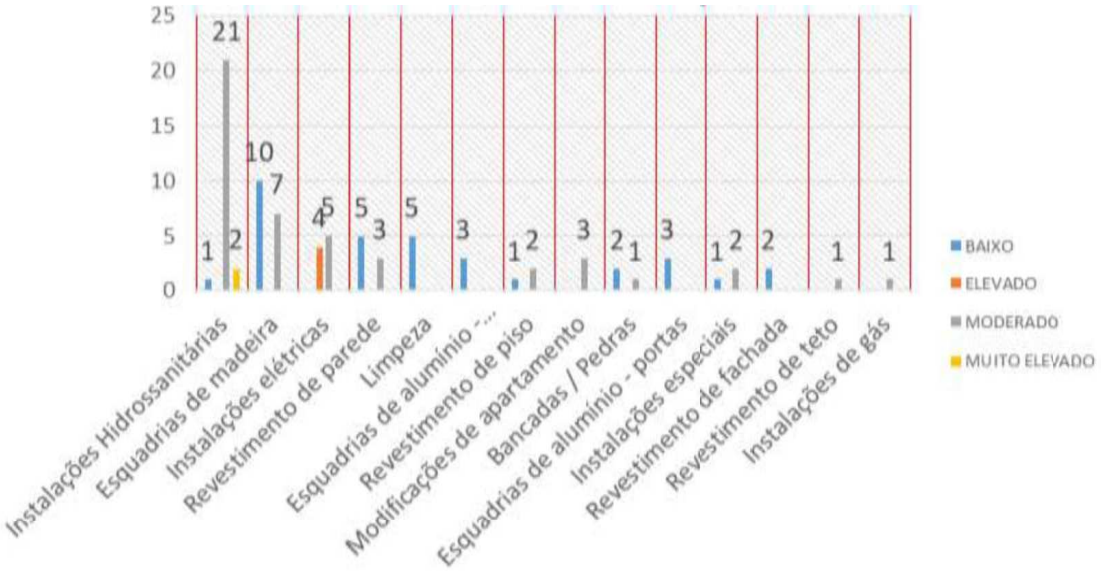
Quanto ao Grau de Risco, percebeu-se um predomínio de ocorrências entre os graus moderado e baixo (Figura 04). Além disso, foi realizada a análise do Grau de Risco por sistema, buscando identificar os sistemas com maiores impactos no processo (Figura 05).

Figura 4 – Ocorrências por grau de risco



Fonte: Os autores

Figura 5 – Grau de risco por sistema



Fonte: Os autores

Percebe-se então que os sistemas com maior número de ocorrência são aqueles cuja execução é responsabilidade de empresas terceirizadas. Quanto a análise de riscos, nota-se que a Instalação Hidrossanitária é a grande responsável pelo elevado grau de risco e o grande número de vícios construtivos (28%), sendo este o único sistema a receber índice 4 no critério de "Ocorrências". Além disso, percebe-se que muitas das intervenções visando corrigir seus vícios não foram pontuais, exigindo assim necessidade de intervenção em outros sistemas, causando retrabalho e gastos desnecessários. Isso deixou claro o impacto gerado pelas ocorrências de falhas neste sistema, tornando-o um dos focos de intervenção da equipe de assistência técnica.

Outro sistema considerado foco de intervenção é a Instalação Elétrica, uma vez que das 9 ocorrências, 4 são de grau elevado e 5 de grau moderado. Isto se deve ao fato de que na maioria dos casos quando este sistema apresenta problema, ele deixa de funcionar, possuindo então uma severidade considerada "Alta" e causando grande descontentamento pelo cliente.

5 CONCLUSÕES

O grande número de vícios construtivos encontrados deixa claro a necessidade de melhorias imediatas no processo produtivo e na qualidade do produto entregue. Além disso, o levantamento das ocorrências de falhas mostrou-se compatível com as bibliografias utilizadas, mostrando que sistemas como Instalações Hidrossanitárias, Instalações Elétricas e Esquadrias em geral, possuem um destaque quanto a quantidade de ocorrências.

Com a padronização da documentação e do fluxo dos processos, possibilitou-se a coleta clara de informações importantes, além de fixar responsabilidades e acelerar o processo. Outro ponto fundamental foi a criação do Banco de Dados, na qual baseado na metodologia FMEA, pôde-se identificar e hierarquizar as ocorrências cujas falhas produzem um impacto maior à

empresa, servindo como uma ferramenta fundamental de retroalimentação de dados e melhoria contínua para o sistema de qualidade da empresa.

Quanto a análise de riscos, a equipe de engenharia conseguiu identificar quais os sistemas cuja falha produzem um impacto maior no sistema, gerando insatisfação dos clientes e gastos não previstos, possibilitando assim a elaboração de planos de ação buscando a melhoria contínua e a diminuição de vícios construtivos.

REFERÊNCIAS

ARANTES, G. M.; FERREIRA, R.; BRANDSTETTER, M. C. G. O. Análise probabilística e mapeamento da origem de manifestações patológicas identificadas no pós-obra. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16, 2016, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13752:** Perícias de engenharia na construção civil. Rio de Janeiro, 1996.

CUPERTINO, D. C. **Análise de solicitações de assistência técnica em empreendimentos residenciais como ferramenta de gestão.** 2013. Dissertação (Mestrado em Geotecnica e Construção Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiás, Goiânia, 2013.

KUMRU, M.; KUMRU, P. Y. Fuzzy FMEA application to improve purchasing process in a public hospital. **Applied Soft Computing**, Turkey, v. 13, p. 721 – 29733, August 2012

LIU, H.; DENG, X.; JIANG, W. Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy measure and fuzzy integral. **Symmetry**, Suíça, v. 9, August 2017.

SAXER, P. (2015). **Aplicação da FMEA para análise de riscos na qualidade do processo de embalagens em uma multinacional de agroquímicos.** Monografia, Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.

SUTRISNO, A.; GUNAWAN, I.; TANGKUMAN, S. Modified failure mode and effect analysis (FMEA) model for accesing the risk of maintenance waste. **Procedia Manufacturing**, Indonesia, v. 4, p. 23 – 29, September 2015.