



Monografia

**" APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO FMEA PARA GESTÃO DE RISCO EM UMA  
EMPRESA DE CONSTRUÇÃO CIVIL "**

Autor: Claudio Geraldo Guimarães

Orientador: Prof. Cicero Murta Diniz Starling

Janeiro/2014

G963a

Guimarães, Cláudio Geraldo.

Aplicação dos princípios do FMEA para gestão de risco em uma empresa de construção civil [manuscrito / Cláudio Geraldo Guimarães. - 2014.

26 f., enc.: il.

Orientador: Cícero Murta Diniz Starling.

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG.

Bibliografia: f. 25-26.

1. Construção civil. I. Starling, Cícero Murta Diniz. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 69

Claudio Geraldo Guimarães

**" APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO FMEA PARA GESTÃO DE RISCO EM UMA  
EMPRESA DE CONSTRUÇÃO CIVIL "**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil  
da Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Tecnologia e produtividade das construções

Orientador: Cicero Murta Diniz Starling

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2014

A minha família, amigos e parceiros pelo apoio,  
atenção e dedicação.

## **AGRADECIMENTOS**

À todos que diretamente e indiretamente contribuíram para a conclusão da especialização e realização desta monografia.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	2
2.1 O Guia PMBOK®.....	2
2.2 Gestão de riscos do PMOK ® Guide.....	3
2.3 "FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS" .....	6
2.4 Outras ferramentas de gestão e controle de risco.....	14
3. METODOLOGIA.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	23
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	25

## **LISTA DE FIGURAS**

- Figura 1, formulário FMEA com áreas afetadas sugeridas à empresa entrevistada....18
- Figura 2, aplicação do FMEA em empresa de construção de edifícios. ....20

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Severidade de efeito (Ribeiro & Fogliatto, 1998).....	11
Tabela 2 – Probabilidade de ocorrência (Ribeiro & Fogliatto, 1998) .....	12
Tabela 3 – Probabilidade de detecção do modo de falha (Ribeiro & Fogliatto, 1998) .....	12
Tabela 4 – Comparativa dos métodos de Análise de Risco segundo Rodrigues (2009) .....	17

## **LISTA DE NOTAÇÕES, ABREVIATURAS**

FMEA = Failure Mode and Effects Analysis

PMBOK® = Guia de conhecimento de gerenciamento de projetos

ISO = International Organization for Standardization

NPR = Número de prioridade de risco

CCP = Critical Control Points

PHA = Preliminary Hazard Analysis

FTA = Faulty Tree Analysis

HAZOP = Hazard Operability Analysis

## **RESUMO**

A gestão de riscos é um assunto de vital importância para empresas que almejam sucesso nos seus objetivos, permitindo que realmente sejam alcançados sem interferências descontroladas de riscos. Sugerido pela literatura e por empresas na área industrial, o FMEA é uma ferramenta completa e de fácil aplicação no tratamento de risco. Sua aplicação sobre a área da construção civil, através de entrevistas com responsável gerencial de uma empresa no setor de construção de edifícios, objetiva-se avaliar a absorção da ferramenta pelos profissionais na aplicação em seus riscos atuais. Assim, no FMEA realizado, pode-se constatar a situação atual dos riscos gerenciados pela empresa e possibilita a detecção do risco que necessita maior atenção.

## 1. INTRODUÇÃO

Uma empresa quando se prepara para construir deve prevenir-se para a ocorrência de potenciais riscos que podem ter impactos positivos ou negativos à gerencia da construção, más será trabalhado os impactos negativos ou falhas. O custo de uma falha envolve, não só o custo de reparação ou substituição, mas também o custo da não operacionalidade, podendo estes últimos ser bastante elevados. A ocorrência de um risco é algo que é inerente à construção, mas com um prévio estudo do projecto é possível identificar as potenciais causas para podermos actuar sobre elas. Com uma adequada Análise de Risco é possível intervir de forma a influenciar a probabilidade de ocorrência e ajustar o projecto para assegurar que as probabilidades estão a nosso favor.

O PMBOK® Guide (2008) possui ferramentas, técnicas e metodologias, que somados garantem o sucesso do projeto, aplicadas às áreas de conhecimento como integração, escopo, tempo, custos, qualidade, recursos humanos, comunicação e riscos. Em especial, o gerenciamento de riscos do projeto inclui os processos que tratam, quanto aos riscos do projeto, da realização de identificação, análise, respostas, monitoramento, controle e planejamento do gerenciamento.

Segundo SILVA, TIN e OLIVEIRA(1997) uma ferramenta citada pela norma da série ISO 9000 e QS 9000 para o controle de riscos é o *FMEA* (Failure Mode and Effects Analysis) a qual procura-se gerir com eficiência os riscos da indústria. A *FMEA* é em si uma técnica preventiva, pode também ser utilizada para solucionar problemas de forma sistemática na identificação da(s) causa(s) fundamental(is).

Com o objetivo de mostrar a utilização da metodologia *FMEA* no processo de gestão de riscos em projetos de construção civil utilizou-se como funções as áreas de conhecimento do *PMBOK®* Guide (2008).

Será apresentado algumas ferramentas de gerenciamento de risco com atenção à metodologia *FMEA* e por fim será descrita a aplicação do *FMEA* para a gestão de riscos realizada através de entrevistas com gestor de obra na construção civil.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A gestão de riscos é indispensável para um bom controle do projeto, assim torna-se necessário a utilização de uma ferramenta que possa ajudar nessa tarefa. Portanto será abordado sobre a gestão de riscos, o método *FMEA* e sucintamente sobre as demais ferramentas encontradas para controle e gestão de riscos.

### **2.1 O PMBOK® Guide**

O PMBOK® Guide (2008) é um padrão reconhecido para a profissão de gerenciamento de projetos e utilizado para treinamentos de profissionais nesta área de conhecimento. O Gerenciamento de Projetos é a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de atender aos seus requisitos do projeto. O conhecimento a ser aplicado está relacionado às áreas de conhecimento do PMBOK® Guide (2008) como: Gestão da integração, Gestão do escopo, Gestão do tempo, Gestão do custos, Gestão da qualidade, Gestão dos recursos humanos, Gestão da comunicação e Gestão dos riscos.

## **2.2 Gestão de riscos do PMOK® Guide**

Segundo o PMBOK® Guide (2008) o gerenciamento dos riscos do projeto inclui os processos de planejamento, identificação, análise, planejamento de respostas, monitoramento e controle de riscos de um projeto. Os objetivos do gerenciamento dos riscos são aumentar a probabilidade e o impacto dos eventos positivos e reduzir a probabilidade e o impacto dos eventos negativos no projeto. O risco do projeto é sempre futuro. O risco é um evento ou uma condição incerta que, se ocorrer, tem um efeito em pelo menos um objetivo do projeto. Os objetivos podem incluir escopo, cronograma, custo e qualidade. Um risco pode ter uma ou mais causas e, se ocorrer, pode ter um ou mais impactos. A causa pode ser um requisito, uma premissa, uma restrição ou uma condição que crie a possibilidade de resultados negativos ou positivos. Por exemplo, as causas podem incluir o requisito de uma autorização ambiental para o trabalho ou limitações de pessoal designado para planejar o projeto. O evento de risco é que a agência responsável pela autorização pode demorar mais do que o planejado para conceder a autorização ou, no caso de uma oportunidade, o pessoal de planejamento disponível e designado, embora seja uma equipe reduzida, possa conseguir terminar o serviço no prazo, realizando o trabalho com menor utilização de recursos. Se um desses eventos incertos ocorrer, pode haver um impacto no custo, no cronograma ou no desempenho do projeto. As condições de risco podem incluir aspectos do ambiente da organização ou do projeto que podem contribuir para o risco do projeto, como práticas imaturas de gerenciamento de projetos, falta de sistemas integrados de gerenciamento, vários projetos simultâneos ou dependência de participantes externos que não podem ser controlados.

O risco do projeto tem origem na incerteza existente em todos os projetos. Os riscos conhecidos são aqueles que foram identificados e analisados, possibilitando o planejamento de respostas. Determinados riscos não podem ser gerenciados de forma proativa, o que sugere que a equipe do projeto deveria criar um plano de contingência. Um risco do projeto que já ocorreu também pode ser considerado um problema.

As organizações percebem o risco como o efeito da incerteza nos objetivos organizacionais e do projeto. As organizações e as partes interessadas estão dispostas a aceitar vários graus de riscos, o que é chamado de tolerância a riscos. Os riscos que ameaçam o projeto podem ser aceitos se estiverem dentro das tolerâncias e em equilíbrio com as recompensas que podem ser obtidas ao assumir os riscos. Por

exemplo, a adoção de um cronograma com paralelismo é um risco assumido para alcançar a recompensa criada por uma data de término antecipada.

As pessoas e os grupos adotam atitudes em relação ao risco que influenciam o modo como respondem. Essas atitudes em relação ao risco são orientadas pela percepção, por tolerâncias e outras tendenciosidades, que devem ser explicitadas sempre que for possível.

Deve-se desenvolver uma abordagem aos riscos que seja consistente para cada projeto, e a comunicação sobre os riscos e como lidar com eles devem ser abertas e sinceras. As respostas aos riscos refletem o equilíbrio da organização entre correr riscos e evitar riscos.

Para ter sucesso, a organização deve estar comprometida com uma abordagem proativa e consistente do gerenciamento dos riscos durante todo o projeto. É preciso fazer uma escolha consciente em todos os níveis da organização para identificar ativamente e buscar o gerenciamento eficaz dos riscos durante o ciclo de vida do projeto. O risco existe a partir do momento em que o projeto é concebido. Avançar no projeto sem um foco proativo no gerenciamento dos riscos aumenta o impacto que um risco realizado pode ter sobre o projeto e pode levar ao fracasso do projeto.

As atividades do processo de gerenciamento de riscos, conforme o PMBOK® Guide (2008), são:

- Planejar o gerenciamento dos riscos: é o processo de definição de como conduzir as atividades de gerenciamento dos riscos de um projeto. O planejamento cuidadoso e explícito aumenta a probabilidade de sucesso para os outros cinco processos de gerenciamento dos riscos. O planejamento dos processos de gerenciamento dos riscos é importante para garantir que o grau, o tipo e a visibilidade do gerenciamento dos riscos sejam proporcionais tanto aos riscos como à importância do projeto para a organização. O planejamento também é importante para fornecer tempo e recursos suficientes para as atividades de gerenciamento dos riscos e para estabelecer uma base acordada para a avaliação dos riscos. O processo de Planejar o gerenciamento dos riscos deve começar na concepção do projeto e ser concluído nas fases iniciais do planejamento do projeto.
- Identificação dos riscos: Identificar os riscos é o processo de determinação dos riscos que podem afetar o projeto e de documentação de suas características. Os participantes das atividades de identificação de riscos podem incluir os

seguintes: gerente do projeto, membros da equipe do projeto, equipe de gerenciamento dos riscos (se for designada), clientes, especialistas no assunto externos à equipe do projeto, usuários finais, outros gerentes de projetos, partes interessadas e especialistas em gerenciamento de riscos. Embora essas pessoas em geral sejam os principais participantes da identificação dos riscos, todo o pessoal do projeto deve ser estimulado a identificar riscos.

Identificar os riscos é um processo iterativo porque novos riscos podem surgir ou se tornar conhecidos durante o ciclo de vida do projeto. A frequência da iteração e os participantes de cada ciclo variam de acordo com a situação. O formato das declarações de riscos deve ser consistente para garantir a capacidade de comparar o efeito relativo de um evento de risco com outros no projeto. O processo deve envolver a equipe do projeto de modo que possa desenvolver e manter um sentido de propriedade e responsabilidade pelos riscos e pelas ações associadas de resposta a riscos. As partes interessadas externas à equipe do projeto podem fornecer informações objetivas adicionais. Através de técnicas (como: entrevistas, análise de probabilidade, opinião de especialistas, juntamente com a equipe do projeto), são identificados os riscos que podem afetar o projeto. Com a lista dos riscos identificados no projeto, é preciso fazer a análise de cada um, a fim de descobrir o impacto destes no projeto.

- Análise qualitativa dos riscos: através da probabilidade de ocorrência e impacto são priorizados os riscos que, se ocorrerem, causarão o maior impacto ao projeto. No planejamento do gerenciamento dos riscos, devem ser registrados todos os riscos preferencialmente agrupados por categorias, por grau de prioridade, por necessidade de resposta imediata, etc.
- Análise quantitativa dos riscos: geralmente esta análise é feita durante a análise qualitativa, para os eventos de riscos priorizados durante esta análise. A análise quantitativa é a classificação numérica dos riscos nos objetivos gerais do projeto, ou seja, é a avaliação sobre custo, escopo, qualidade, prazo, etc. Para realização desta análise são utilizadas técnicas como Monte Carlo e Árvore de Decisão, para simulação do impacto da ocorrência dos riscos e análise dos diversos cenários a partir do evento do risco. Esta análise determina o risco total do projeto e deve ser repetida periodicamente após a elaboração do plano de respostas aos riscos, sendo parte da atividade de monitoramento dos riscos, pois

durante a execução do projeto, surgem novos riscos que não haviam sido identificados na fase de planejamento do projeto.

- Plano de respostas aos riscos: é o plano que define qual estratégia será adotada para cada risco identificado. Estas estratégias podem ser:
  - Aceitar o risco: nenhuma ação é tomada para evitar o risco, minimizar seus efeitos, etc.
  - Mitigar o risco: são tomadas ações para minimizar o impacto do risco ao projeto, caso ele ocorra.
  - Eliminar ou prevenir o risco: são tomadas ações para eliminar a probabilidade de ocorrência do risco.
  - Transferir o risco: esta estratégia significa transferir à outra parte a responsabilidade pelo risco. Um exemplo é a contratação de seguros.No plano de respostas aos riscos é definido um responsável para tomar a ação proposta, no caso de ocorrência do risco. Este plano também conhecido como Plano de Contingências.
- Monitoramento e Controle dos Riscos: este processo envolve a identificação, a análise e o planejamento de estratégias de resposta aos riscos que surgem durante a execução do projeto. Durante o monitoramento e controle dos riscos, deve ser revisado o plano de resposta aos riscos para assegurar que as mudanças ocorridas durante a execução do projeto não interfiram na classificação numérica e priorização dos riscos identificados no planejamento do projeto.

### **2.3 "FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS"**

Segundo SILVA, FONSECA E BRITO (2006), este método, que se encontra hoje largamente difundido na indústria de automóvel, aeroespacial e eletrônica, pode ser usado no setor de construção em diferentes fases e a vários níveis da empresa, nomeadamente: durante a fase de concepção e desenvolvimento do projeto (FMEA do projeto) para otimizar e melhorar as características do produto ou analisar a concepção de produtos / sistemas inovadores, antes da fase de execução / produção deste, e

durante a fase de execução (FMEA do processo) tendo em vista a redução de falhas e otimização dos processos.

A Associação Brasileira de Norma Técnicas (ABNT), na norma NBR 5462 (1994), adota a sigla originária do inglês FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) e a traduz como sendo Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos. Segundo SAKURADA (2001), “Observa-se que a norma utiliza o termo pane para expressar falha. Ainda segundo a norma, o FMEA é um método qualitativo de análise de confiabilidade que envolve o estudo dos modos de falhas que podem existir para cada item, e a determinação dos efeitos de cada modo de falha sobre os outros itens e sobre a função específica do conjunto.”

As normas ISO 9000 de 2000, relativas à implementação de sistemas de gestão da qualidade em empresas, recomendam às empresas que trabalhem de uma forma essencialmente preventiva, tentando melhorar constantemente os seus processos e os seus produtos. No âmbito da lógica da melhoria contínua, o método FMEA surge como instrumento passível de ser utilizável pelas empresas segundo SILVA (2006).

Segundo VANNI (1999), “a FMEA consiste de uma sequência de etapas lógicas como um componente ou nível baixo de um subsistema. A análise assume um ponto de vista da falha e identifica todos os modos potenciais de falhas acompanhados de um agente causativo, no qual é designado o mecanismo de falha. O efeito de cada modo de falha é, então, traçado no nível superior do sistema. A avaliação é baseada na probabilidade de ocorrência, gravidade e detecção. Quando houver altos índices na avaliação, algumas ações a serem tomadas, como mudanças de projeto serão recomendadas para a redução do índice de criticidade”.

Pode-se aplicar a análise FMEA nas seguintes situações, segundo TOLEDO & AMARAL (2008):

- para diminuir a probabilidade da ocorrência de falhas em projetos de novos produtos ou processos;
- para diminuir a probabilidade de falhas potenciais (ou seja, que ainda não tenham ocorrido) em produtos/processos já em operação;
- para aumentar a confiabilidade de produtos ou processos já em operação por meio da análise das falhas que já ocorreram;
- para diminuir os riscos de erros e aumentar a qualidade em procedimentos administrativos.

A metodologia FMEA é importante porque pode proporcionar para a empresa, segundo TOLEDO & AMARAL (2008):

- uma forma sistemática de se catalogar informações sobre as falhas dos produtos/processos;
- melhor conhecimento dos problemas nos produtos/processos;
- ações de melhoria no projeto do produto/processo, baseado em dados e devidamente monitoradas (melhoria contínua);
- diminuição de custos por meio da prevenção de ocorrência de falhas;
- o benefício de incorporar dentro da organização a atitude de prevenção de falhas, a atitude de cooperação e trabalho em equipe e a preocupação com a satisfação dos clientes;

“A análise consiste basicamente na formação de um grupo de pessoas que identificam para o produto/processo em questão suas funções, os tipos de falhas que podem ocorrer, os efeitos e as possíveis causas desta falha. Em seguida são avaliados os riscos de cada causa de falha por meio de índices e, com base nesta avaliação, são

tomadas as ações necessárias para diminuir estes riscos, aumentando a confiabilidade do produto/processo.” (TOLEDO & AMARAL (2008))

“No formulário FMEA pode-se observar a definição de cada coluna e, abaixo, um fluxograma que mostra a ordem de preenchimento do formulário baseada em perguntas que devem ser feitas pelo grupo em cada etapa. A discussão realizada pelo grupo segue a ordem do fluxograma, ou seja, o grupo segue respondendo cada uma destas perguntas e preenche as colunas do formulário com as respostas encontradas por meio de consenso.” (TOLEDO & AMARAL (2008))

“Deve-se ter em mente que a análise FMEA é muito mais do que apenas preencher um formulário, o seu verdadeiro valor está na discussão e reflexão dos membros do grupo sobre as falhas potenciais do produto/processo e as ações de melhoria propostas pelo grupo.” (TOLEDO & AMARAL (2008))

“Para aplicar-se a análise FMEA em um determinado produto/processo, portanto, forma-se um grupo de trabalho que irá definir a função ou característica daquele produto/processo irá relacionar todos os tipos de falhas que possam ocorrer ou descrever, para cada tipo de falha suas possíveis causas e efeitos, relacionar as medidas de detecção e prevenção de falhas que estão sendo, ou já foram tomadas, e, para cada causa de falha, atribuir índices para avaliar os riscos e, por meio destes riscos, discutir medidas de melhoria.” (TOLEDO & AMARAL (2008))

A seguir, tem-se a descrição de cada um dos campos do formulário FMEA, segundo exemplo de RAMOS (2006):

- Projeto: identificar o nome do sistema ou o título de identificação do FMEA. No caso de FMEA de processo, deve-se identificar o nome do processo, da montagem ou da peça.
- Cliente: a qual empresa destina-se o projeto.

- Participantes: nome das pessoas da equipe FMEA que estão presentes na reunião.
- Duração do Projeto: tempo planejado para o projeto.
- Data do FMEA: data atual de aplicação do FMEA.
- Data de início: data de início (dia/mês/ano) das reuniões para o desenvolvimento do FMEA.
- Revisão: número da revisão, depois das ações estarem incorporadas no sistema, a equipe FMEA deveria reavaliar as consequências da severidade, ocorrência e detecção. Os resultados deveriam ser revisados pelo time FMEA e um novo NPR ser calculado e as falhas serem ordenadas. Este processo é repetido até o time de FMEA decidir que todas as informações relevantes foram cobertas.
- Área afetada: nome dos componentes do sistema.
- Modo de falha: o problema, a preocupação, a oportunidade de melhoria, a potencial falha. Quando alguém pensar nos modos de falha, deve pensar na perda da função do sistema – uma falha específica. Para cada área afetada do sistema deve-se listar a correspondente falha do sistema, podendo existir mais de uma falha por área afetada.
- Efeitos: são as consequências que surgem no sistema causadas pelos modos de falha. Eles devem ser identificados, avaliados e registrados para cada modo de falha. As consequências podem ser para o sistema, produto, cliente ou para as normas governamentais. Deve-se descrever os efeitos em termos do que o usuário pode perceber ou sentir. O usuário tanto pode ser um cliente interno ou externo.
- Causa: são as causas potenciais da falha, causa do modo de falha é causa geradora do modo de falha. Pode estar no componente, nos componentes vizinhos, ambiente.
- Controles atuais: um método (procedimento), teste, revisão de projeto ou uma análise de engenharia. Eles podem ser muito simples, como por exemplo, Brainstorming, ou

bastante técnicos e avançados, como por exemplo, método dos elementos finitos, simulação computacional e testes de laboratório. O objetivo do método de detecção é identificar e eliminar as falhas antes que estas atinjam os clientes (externos ou internos).

- Severidade do efeito: severidade é um índice que indica o quão sério é o efeito do modo de falha potencial. A severidade sempre é aplicada sobre o efeito do modo de falha. Há uma correlação direta entre o efeito e a severidade. Quanto mais grave e crítico é o efeito maior é o índice de severidade. Severidade é revisada da perspectiva do sistema, outros sistemas, do produto, do cliente, e/ou normas governamentais. O índice de severidade só pode ser alterado mediante uma mudança no projeto. Pode assumir valores de 1 a 10, conforme tabela 01.

Tabela 1 – Severidade de efeito (Ribeiro & Fogliatto, 1998)

Severidade do Efeito	Escala
* Muito alta	10
Quando compromete a segurança da operação ou envolve infração a regulamentos governamentais	9
* Alta	8
Quando provoca alta insatisfação do cliente, por exemplo, um veículo ou aparelho que não opera, sem comprometer a Segurança ou implicar infração	7
* Moderada	6
Quando provoca alguma insatisfação, devido à queda do desempenho ou mal funcionamento de partes do sistema	5
* Baixa	4
Quando provoca uma leve insatisfação, o cliente observa apenas uma leve deterioração ou queda no desempenho	3
* Mínima	2
Falha que afeta minimamente o desempenho do sistema, e a maioria dos clientes talvez nem mesmo note sua ocorrência	1

- Ocorrência: Ocorrência é um índice que corresponde a um número estimado (algumas vezes um número cumulativo) das falhas que poderiam ocorrer. Deve ser baseado ou na causa ou no modo de falha, conforme tabela 02. A ocorrência pode ser reduzida mediante melhorias nas especificações de engenharia e /ou nos requerimentos do processo com a intenção de prevenir as causas e reduzir suas frequências.

Tabela 2 – Probabilidade de ocorrência (Ribeiro & Fogliatto, 1998)

Probabilidade de Ocorrência	Cpk	Taxa de Falha	Escala
* Muito alta	0,3	1/2	10
Falha quase inevitável	0,4	1/3	9
* Alta	0,6	1/8	8
Falhas ocorrem com frequência	0,7	1/20	7
* Moderada	0,9	1/80	6
Falhas ocasionais	1,0	1/400	5
* Baixa	1,2	1/2000	4
Falhas raramente ocorrem	1,3	1/15000	3
* Mínima	1,6	1/150000	2
Falha muito improvável	2,0	1/1500000	1

- Detecção: detecção é a probabilidade de que os sistemas de controle detectem a falha (causa ou modo de falha) antes que esta atinja os clientes (internos ou externos). Para identificar um índice de detecção deve-se estimar a habilidade para cada um dos controles atuais para detectar a falha antes que ela alcance o cliente. O índice de detecção pode assumir valores de “1” a “10”, conforme tabela 03. O índice de detecção pode ser reduzido adicionando ou melhorando as técnicas de avaliação do projeto/processo, aumentando o tamanho das amostras.

Tabela 3 – Probabilidade de detecção do modo de falha (Ribeiro & Fogliatto, 1998)

Probabilidade de Detecção do Modo de Falha	Escala
* Quase impossível de detectar	
Os controles não irão detectar esse defeito, ou não existe controle	10
* Muito baixa	
O defeito provavelmente não será detectado	9
* Baixa	8
Há uma baixa probabilidade dos controles detectarem o defeito	7
* Moderada	6
Os controles podem detectar o defeito	5
* Alta	4
Há uma boa probabilidade dos controles detectarem o defeito	3
* Muito alta	2
É quase certo que os controles irão detectar esse defeito	1

- Número de prioridade de risco (NPR): é o índice resultado do produto do índice de ocorrência, de severidade e detecção. Este valor define a prioridade da falha. É usado para ordenar (classificar) as deficiências do sistema.
- Estratégia: qual estratégia de resposta ao risco será adotada, conforme Guia PMBOK® (2008) (aceitar, mitigar, transferir, eliminar).
- Ações recomendadas: nenhum FMEA deve ser feito sem nenhuma ação recomendada, pode ser uma ação específica ou pode ser um estudo mais adiante, a ideia das ações recomendadas é diminuir os índices de severidade, ocorrência e detecção.
- Responsabilidade e data de conclusão limite: deve-se eleger os responsáveis para as tomadas de ações e definir prazos para a entrega dessas ações.
- Ações tomadas: só porque algo foi recomendado, não significa que algo foi feito. É imperativo que alguém siga as recomendações para determinar se elas foram direcionadas adequadamente, e/ou se é necessário fazer atualizações nestas ações. Note que o FMEA é um documento vivo e como tal alguém deve ser responsável para atualizá-lo. Depois que as ações fossem tomadas, uma breve descrição da ação deveria ser feita.
- Responsável / Prazo Implementação: Responsável pela implementação da ação recomendada quando ocorrer o evento do risco, com o prazo correspondente para implementação da ação. Esta informação deverá ser atualizada no decorrer do projeto durante a revisão da FMEA e avaliação dos riscos do projeto.
- Situação da Ação: status da execução da ação recomendada a cada revisão da FMEA.

## **2.4 Outras ferramentas de gestão e controle de risco**

Segundo RODRIGUES (2009), o “Diagrama de Causa Efeito”, também conhecido como “*Diagrama de Ishikawa*” ou “*Fish Boné*”, é uma ferramenta útil que ajuda na ordenação de ideias complexas mediante relações de casualidade. Este método de Análise de Risco oferece uma visão simples e concentrada das causas que contribuem para uma situação de Risco. Esta técnica é uma representação gráfica que mostra relações qualitativas e hipotéticas de diversos fatores que podem contribuir para uma determinada falha. Esta representação permite estruturar hierarquicamente as causas de determinado problema, assim como os efeitos sobre a qualidade dos produtos, mostrando as relações de uma forma ordenada, clara, precisa, só com um golpe de vista e com uma riqueza de detalhe que pode ser determinante para uma melhor qualidade dos resultados do projeto. Este método permite ainda analisar situações complexas, permitindo igualmente uma averiguação da origem das causas do efeito.

Segundo RODRIGUES (2009), “Árvore de Falha (FTA- Faulty Tree Analysis)” consiste na construção de um diagrama lógico, que parte da definição do evento indesejado, ou falha cuja probabilidade queremos conhecer. Revistos os fatores intervenientes no processo são determinadas as condições, eventos particulares, que poderão contribuir para a ocorrência do evento indesejado. Definida a falha e os eventos particulares é possível fazer uma decomposição detalhada até aos eventos mais simples, representando graficamente as relações através de comportas lógicas. Na figura seguinte é apresentada um exemplo de um Diagrama de Árvore de Falha.

Segundo o RODRIGUES (2009), o HAZARD ANALYSIS AND CRITICAL CONTROL POINTS (HACCP) consiste na formação de um equipe de Análise de Risco que define e descreve o plano de trabalhos, sendo este analisado em busca dos perigos. Os pontos realmente críticos onde podem ser aplicadas medidas preventivas são denominados por pontos críticos de controle (CCP- Critical Control Points). Para auxiliar na identificação dos CCP's pode ser utilizado um diagrama decisório. Identificados os pontos críticos devem ser estudadas medidas preventivas para ajudar a controlar os seus efeitos negativos. Nesta análise devem ser tido em conta a probabilidade de ocorrência do perigo, gravidade dos seus efeitos, realizando uma avaliação quantitativa. Com base nesta avaliação são estabelecidas ações corretivas e procedimentos de verificação.

Segundo RODRIGUES (2009), o "Hazard Operability Analysis (HAZOP)" principal objetivo deste método é investigar de forma minuciosa e metódica cada segmento de um processo, identificando de uma forma sistemática todos os caminhos pelos quais os equipamentos do processo podem falhar. A sua metodologia é baseada num procedimento que gera perguntas de maneira estruturada e sistemática, através do uso apropriado de um conjunto de "palavras guia" aplicadas a pontos críticos do sistema em estudo. Estas "palavras guia" criam desvios dos padrões operacionais que são analisados em relação às causas e consequências, propondo recomendações para melhoria no processo de forma a reduzir a sua probabilidade de ocorrência. Uma vez verificadas as causas e as suas consequências de cada tipo de desvio e avaliado a aceitabilidade do mesmo através de uma matriz de aceitabilidade previamente acordada, procura-se propor medidas para eliminar ou controlar o perigo.

A "Preliminary Hazard Analysis, PHA", segundo BARATA (2007), é uma técnica qualitativa para identificação de potenciais perigos decorrentes de num novo processo ou já existente. Segundo RODRIGUES (2009), a PHA consiste num estudo realizado

durante a fase de projeto ou no desenvolvimento de qualquer processo ou produto, com fim de determinar os riscos que poderão estar presentes na fase operacional. Esta técnica, segundo AGUIAR, permite uma avaliação dos riscos associados a cada um dos cenários de perigo identificados buscando as causas e os efeitos. Após uma avaliação qualitativa dos riscos identificados indicando a prioridade, são sugeridas medidas preventivas e/ou mitigadoras a fim de eliminar as causas ou reduzir as consequências.

Segundo COLLI (2002), “Monte Carlo” resolve problemas com números aleatórios, isto é, explora as propriedades estatísticas de uma série de tentativas aleatórias, estando a precisão do resultado final dependente do número de tentativas. Tipicamente, este método tem como princípio observar algumas distribuições de probabilidades, chegando a uma solução através de iterações.

Todos os métodos descritos anteriormente ajudam na busca de potenciais falhas, contudo dependendo do método utilizado podemos chegar a soluções pouco precisas ou necessitar de pessoas altamente qualificadas. A título de comparação, na tabela seguinte são apresentadas as principais características que diferenciam os vários métodos segundo RODRIGUES (2009).

Método	Classificação	Acções de melhoria/prevenção	Comentário
Diagrama Causa -Efeito	Qualitativo; Não identifica nem classifica as principais causas.	Não proporciona respostas as perguntas.	Apresenta as causas principais do efeito.
FMEA/FMECA	Quantitativo; Avalia por meio de índices criados pela empresa; Identifica principais causas.	Propõe acções de melhoria.	Fácil utilização.
Árvore - Falha	Quantitativo; Estima probabilidades; Não estabelece prioridades.	Ajuda a adoptar acções de melhoria.	Necessita conhecer dados estatísticos.
HACCP	Avaliação quantitativa pela equipa; Probabilidades de ocorrência e gravidade.	Estabelece acções correctivas.	Utiliza diagrama decisório para encontrar os pontos críticos.
HAZOP	Qualitativo, não estabelece estimativas numéricas.	Propõe melhorias.	Necessita de uma equipa muito experiente.
PHA	Qualitativo; Indica prioridades; Classifica a frequência, severidade e risco.	Busca melhorias.	Utiliza banco de dados.
Monte - Carlo	Utiliza estatísticas.	Não propões melhorias.	Método muito complexo.

Portanto, o FMEA tem uma grande vantagem relativamente aos restantes pelo fato de classificar e comparar todas as falhas encontradas, ordenando-as por prioridade na tomada de medidas preventivas e ainda por ser uma ferramenta de fácil utilização.

### 3. METODOLOGIA

A empresa escolhida é de grande porte e renomada no mercado da grande Belo Horizonte, já foi padronizada e certificada pela ISO, porém atualmente não é prioridade manter essa certificação e mantém uma clientela de alto padrão aquisitivo para imóveis de luxo. Para a empresa, o conhecimento e uso do FMEA, foi importante para organização e seleção de riscos, poderia ser aplicada em parte pela empresa, tendo um nível regular de importância, segundo o gerente de obra.

Através de treinamento do uso do FMEA com fundamentação teórica apresentado neste trabalho e entrevistas do funcionário do corpo gerencial da empresa da construção civil de edifícios com a aplicação do formulário apresentado na figura 01, busca-se o tratamento de riscos no formulário do FMEA e em função da rotina da empresa registra-se as ações a serem tomadas bem como o responsável e situação de atuação.

FMEA - Análise dos Modos e Efeitos das Falhas												
Projeto	Cliente:			Legenda:						Participantes:		
Gerente de projeto	Líder do projeto			Sev - Severidade								
Duração do Projeto	Data do FMEA			Ocor - Ocorrência								
Data de início	Revisão			Det - Detecção								
Área Afetada	Modo de Falha	Efeito	Causa	Controles atuais	Sev	Ocor	Det	RPN	Estratégia	Ações Recomendadas	Responsável/ Prazo de Implantação	Situação da Ação
Escopo												
Custo												
Tempo												
Qualidade												
Recursos Humanos												
Aquisição												
Integração												
Comunicação												

Figura 1, formulário FMEA com áreas afetadas sugeridas à empresa entrevistada.

As falhas levantadas foram por processo de brainstorming, porém somente com uma pessoa da empresa em questão, tendo somente levantado problemas que já estão sendo tratados. Assim, busca-se com um único caso, avaliar a importância percebida pela empresa no uso da FMEA na construção civil.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Realizada a entrevista, preencheu-se o formulário FMEA nas áreas afetadas e sugerido uma área de execução, avaliou-se o risco enfrentado pela empresa e obteve o risco que merece maior atenção no acompanhamento, justamente o grifado em amarelo na figura 02.

## FMEA - Análise dos Modos e Efeitos das Falhas

FMEA - Análise dos Modos e Efeitos das Falhas												
Projeto	Obra de edifício	Cliente:	*	Legenda:						Participantes:	*	
Gerente de projeto:	*	Líder do projeto:	*	Sev - Severidade	* - Não divulgado					*		
Duração do Projeto:	*	Data do FMEA	12/2013	Ocor - Ocorrência	Coloração amarela - merece atenção especial					*		
Data de início:	11/2013	Revisão	0	Det - Detecção						*		
Área Afetada	Modo de Falha	Efeito	Causa	Controles atuais	Sev	Ocor	Det	NPR	Estratégia	Ações Recomendadas	Responsável/ Prazo de Implantação	Situação da Ação
Escopo	Falta de material	Atrasos, problemas com mão de obra	Não recebimento, falta de estoque mínimo	Não ha controle	8	2	2	32	Mistigar	Solucionar de imediato	Engenheiro	De imediato
					7	5	1	35	Mistigar	Treinamento para os funcionários	Manutenção	Em processo
Execução	Danos ao equipamento	Problemas com mão de obra	Mal uso	Relatório de acompanhamento de manutenção preventiva	5	5	1	25	Mistigar	Treinamento para manuseio do equipamento	Departamento de Manutenção e fornecedores	Em processo
					7	5	1	35	Mistigar	bursa de orientação de fornecedores, treinamento	Departamento de Manutenção	Em processo
					9	6	1	54	Mistigar	Antecipando o desenvolvimento dos projetos para ganhar tempo e efetuar a compatibilização antecipadamente	Coordenação de projetos e gerencias	Em processo
Qualidade	Furação de vigas e lajes, fora do cronograma	Dano a estrutura e Aumento do custo com mão de obra	Falta de compatibilidade do projeto e Falta de planejamento	Não ha	10	8	4	320	Mistigar	Aumentou a frequência de conferência em campo	Encarregado, mestre de obra e engenheiro	Em processo
					10	6	4	240	Mistigar			
					10	6	1	60	Mistigar			
					5	4	1	20	Eliminar	Toça do funcionário ou função	Encarregado, mestre de obra e engenheiro	De imediato
Recursos Humanos	Mão de obra inadequada	Atrasos no cronograma	Falta de experiência com contratação por parte do responsável	Questionário preparado	5	4	1	20	Eliminar			
					10	6	1	60	Mistigar			

Figura 2, aplicação do FMEA em empresa de construção de edifícios.

Na área de escopo, a falta de material é um risco causado pelo não recebimento e falta de estoque mínimo ocasionando atrasos e problemas com a mão de obra, não há controle, possui um alto impacto na obra, baixa ocorrência e de fácil detecção, resultando num baixo NPR. Ainda a empresa atua, através do engenheiro, de imediato para sanar o problema sempre que surge.

Na área de execução, danos ao equipamento causados por mau uso, desgaste natural e manutenção não efetiva resultam em problemas de mão de obra, atrasos e locação de equipamentos com terceiros tendo alguns controles, razoável impacto na obra, ocorrência e de fácil detecção resultando em baixo NPR. A empresa está em processo o treinamento de funcionários e busca por orientação do fornecedor por uso do equipamento tendo como responsável o departamento de manutenção.

Na área de recursos humanos, a mão de obra inadequada causada por falta de pessoal do recursos humanos na contratação e falta de experiência na avaliação por parte do responsável acarreta atrasos no cronograma e retrabalho, a empresa fornece um questionário para a contratação, possui razoável implicação na obra, razoável incidência e é de fácil detecção resultando em baixo NPR. A empresa, através do engenheiro e encarregado de obra, procura eliminar de imediato tal causas do problema.

Na área da qualidade, a furação de vigas e lajes fora do cronograma causado por falta de compatibilidade do projeto e falta de planejamento gera dano a estrutura e aumento do custo de mão de obra, não possui controle, tem um alto impacto no projeto, ocorre com média frequência e é de fácil detecção resultando em um baixo NPR. A empresa está em processo de antecipar a compatibilização e o desenvolvimento de projetos para ganhar tempo, tendo como responsáveis a coordenação de projetos e as gerencias.

Ainda na área da qualidade, foi observado o risco de serviço incorreto causado por falta de conferência e falha no projeto que ocasionam retrabalho. Tendo uma alta severidade

em relação a obra, com alta frequência e de razoável facilidade em se detectar a falha. Assim, obteve um alto número de prioridade de risco, destacando-se em relação a todas as outras falhas ocorridas. Para o controle da falha foi decidido pela empresa aumentar a frequência de conferência em campo pelos engenheiros, mestre de obras e encarregados. Procurando diminuir a frequência da falha e minimizar a severidade, espera-se diminuir o número de prioridade, sendo para isso, deve sempre realizar o FMEA na área de trabalho para acompanhar mudanças e detectar possíveis novas falhas e atualizar a situação das existentes.

Em geral, observa-se o número de prioridade de risco abaixo de 60, o que mostra que a maioria das possíveis falhas estão sobre controle da empresa permitindo a entrega do produto com melhor qualidade, menor tempo e custo.

## 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O FMEA é uma ferramenta que se destaca entre as várias ferramentas da área da qualidade em uma técnica de acompanhar as falhas dando condições de priorizar as de maior impacto, uma forma sistemática de se catalogar informações sobre as falhas dos produtos/processos; melhor conhecimento dos problemas nos produtos/processos; ações de melhoria no projeto do produto/processo, baseado em dados e devidamente monitoradas (melhoria contínua); diminuição de custos por meio da prevenção de ocorrência de falhas; o benefício de incorporar dentro da organização a atitude de prevenção de falhas, a atitude de cooperação e trabalho em equipe e a preocupação com a satisfação dos clientes.

Na empresa aplicada a ferramenta, apesar de não haver detectado, dentre os documentos de gestão, o seu uso direto, a empresa mantém uma rotina de gestão gerencial similar ao FMEA. Mas não deixou de haver um interesse de conhecimento e aplicação da ferramenta.

As falhas encontradas, foram levantadas pelo gerente de obra na forma de uma série de entrevistas, permitindo colher dentre todos os riscos existentes os que mais eram significativos à empresa na visão do gerente de obra. Ainda, permite que o gerente tenha conhecimentos técnicos e prática do uso da ferramenta para disseminá-la dentro da empresa e também atualiza-la dentro de um período conveniente à empresa.

Com o FMEA fica nítido que na área da qualidade existe um risco que merece maior atenção, que são os serviços incorretos, o qual já se encontra em processo o tratamento da falha. As demais falhas registradas mostram que estão sobre controle, mas estão sendo acompanhadas e trabalhadas, impedindo futuros imprevistos e garantindo a satisfação dos clientes.

Assim, o FMEA cumpre o papel de organizar riscos e direcionar ações, o que nas mãos de uma pessoa sábia pode ser de grande ajuda.

## 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RODRIGUES, M. F. O. **ANÁLISE DE RISCO EM PROJECTOS DE CONSTRUÇÃO**. Tese (Dissertação de Mestrado de Engenharia Civil). Porto, Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.

**A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)**. Project Management Institute, 2008.

RAMOS, E. F. (Euax). **Utilização da FMEA para gestão de riscos em projetos de desenvolvimento de software**. Project Management Institute, Capítulo Santa Catarina, 2006.

RIBEIRO, J. L. D; FLOGLIATTO, F. S. **Confiabilidade dos Componentes e Sistemas**. Apostila interna do Mestrado do PPGEF. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998 (Mimeografado).

SAKURADA, E. Y. **As técnicas de Análise do Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos**. Tese (Dissertação de mestrado). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

TOLEDO, J. C.; AMARAL, D. C. **FMEA - Análise do Tipo e Efeito de Falha**. GEPEQ – Grupo de Estudos e Pesquisa em Qualidade DEP – Universidade Federal de São Carlos (Mimeografado), 2008.

VANNI, C. M. K. **Análise de falhas aplicada à compatibilidade de projetos na construção de edifícios**. Tese (Dissertação de mestrado). Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais, 1999.

AGUIAR, L. A. **Metodologias de Análise de Riscos APP & HAZOP**, Rio de Janeiro.

- BARATA, E. S. ***Ganhos na redução de impactos ambientais como resultado da aplicação da técnica de confiabilidade HAZOP.*** Monografia para Especialista, Universidade Federal da Bahia, 2007.
- COLLI, E. *Métodos de Monte Carlo e Aproximações de  $\pi$* , Laboratório de Matemática Aplicada, 2002.
- SILVA, S. R. C.; FONSECA, M; BRITO, J. Metodologia FMEA e sua aplicação à construção de edifícios. Lisboa, Portugal, 2006.
- SILVA, C. E. S; TIN, J. V.; OLIVEIRA, V. C. Uma Análise da Aplicação da FMEA nas Normas de: Sistema de Gestão pela Qualidade (ISO9000 e QS9000), Sistema de Gestão Ambiental (ISO14000) e Sistema de Gestão da Segurança e Saúde do Trabalho (BS8800 - futura ISO18000). Escola Federal de Engenharia de Itajubá - EFEI / Departamento de Produção - Itajubá/MG, 1997.
- SILVA, S. R. C. Metodologia FMEA e sua aplicação à construção de edifícios. Artigo Portugal, 2006.