

Aplicação de ferramentas de controle estatístico do processo e análise de falhas à melhoria de processos da construção civil

The application of statistical control processes tools and the analysis of failures to improve the processes of construction in civil engineering

**Fernanda Cristina
Barbosa Pereira Queiroz**
fernandacbpereira@yahoo.
com.br
Universidade Federal do Rio
Grande do Norte

**Maria do Carmo Duarte
Freitas**
mcf@ufpr.br
Universidade Federal do
Paraná

Jamerson Viegas Queiroz
jvqjamerson@yahoo.com.br
Universidade Federal do Rio
Grande do Norte

Hélio Roberto Hékis
hekis1963@gmail.com
Universidade Federal do Rio
Grande do Norte

Ricardo Pires de Souza
ripiso@gmail.com
Universidade Federal do Rio
Grande do Norte

Resumo

Com a globalização, os mercados se tornaram mais competitivos, forçando as empresas a aprimorarem seus processos para se manterem saudáveis. Na indústria da construção civil brasileira, não é diferente, pois há um grande número de concorrentes. Este artigo tem como objetivo descrever como o controle estatístico de processos (CEP) e a análise de falhas (FMEA) podem ser utilizados em uma consultoria, a fim de melhorar continuamente os produtos, reduzir os custos e atender aos requisitos dos clientes. Justifica-se a elaboração deste artigo, visto que a realidade econômica tem sido marcada pela exacerbação dos padrões de concorrência. Como resultado, constatou-se que os problemas, na sua maioria, são originados pela falta de qualificação de mão de obra brasileira, que não dispõe de programas de treinamentos institucionalizados nas empresas, e pelo pouco investimento em formação profissional. Como conclusão, estabelece-se que o CEP e o FMEA são ferramentas importantes para a redução de custos e melhoria da qualidade.

Palavras-chave: CEP. FMEA. Indústria da Construção Civil.

Abstract

With globalization markets have become more competitive, forcing companies to improve their processes to stay healthy. In the Brazilian construction industry is no different, as there are a large number of competitors. The goal is to describe how the statistical process control -SPC and failure modes and effects analysis -FMEA can be used in a building in order to continuously improve products, reduce costs and meet customer requirements. As a result it was found that mostly the problems are caused by lack of qualification of labor in Brazil that has no institutionalized training programs in business and investing little in training. In conclusion states that the CEP and FMEA are important tools in this industry to reduce costs and improve quality.

Keywords: SPC. FMEA. Construction Industry.

1 Introdução

A economia mundial passa por um processo acelerado de integração dos mercados de produtos, serviços financeiros e de capitais, conhecido como globalização. Como destacam Brum e Bedin (2003), o termo “globalização”, embora já tenha sido usado na Crise de 1929, passou a integrar efetivamente o vocabulário do mundo dos negócios a partir da década de 1980. Desse período em diante, a velocidade da globalização aumentou muito e os fatores de produção tornaram-se mais móveis. Com a globalização, o sistema econômico internacional tornou-se autônomo e sem raízes, enquanto os mercados e a produção tornaram-se realmente globais.

Como consequência desse processo, verificou-se o acirramento da concorrência internacional e a preocupação dos gestores com eficiência produtiva, redução dos custos e desperdícios, aumento da produtividade e melhoria contínua das

organizações. Essa preocupação tem por finalidade manter as empresas competitivas no mercado, condição que, segundo Hékis et al. (2011), é essencial para a sobrevivência das organizações.

No caso brasileiro, a estabilização da economia na década de 1990 contribuiu para que a gestão da produção, antes relegada a segundo plano, em função das altas taxas de inflação que corroíam a lucratividade das empresas, passasse a ser uma estratégia importante para o desempenho das organizações.

Foram muitas iniciativas no Brasil, a partir desse período, para modernizar a economia. Especificamente no setor da construção civil, houve o incentivo das entidades de classe, conselhos e empresas, visando à implantação de ações de combate ao desperdício, melhorias da produtividade e qualidade, tais como a certificação das empresas por meio do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) e sistemas de gestão ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001. Com investimento em certificações e projetos, as empresas conseguem operar de forma saudável e crescendo (TAVARES JR. et al., 2007).

O objetivo geral é descrever como o controle estatístico da qualidade e a análise de falhas (FMEA) podem ser utilizados em uma construtora para melhorar continuamente os produtos, reduzir os custos e atender aos requisitos do cliente no quesito qualidade.

Justifica-se a elaboração deste artigo, visto que a realidade econômica tem sido marcada pela exacerbação dos padrões de concorrência, na qual a necessidade constante de aprendizado, de melhoria contínua e de introdução de novos produtos e serviço torna-se condição obrigatória para as empresas que desejam obter vantagens competitivas. Tem-se, dessa forma, a seguinte questão de pesquisa: como melhorar continuamente a gestão da produção na construção civil?

O artigo está estruturado em seis seções. Além desta seção introdutória, que apresenta a estrutura do artigo, a seção 2 apresenta a síntese da discussão teórica dos temas abordados, a seção 3 apresenta os aspectos metodológicos, as seções 4 e 5 apresentam a caracterização do setor da construção civil e os resultados alcançados, respectivamente, e, por fim, a seção 6 traz as conclusões, limitações e recomendações para futuros trabalhos.

2 Referencial Teórico

2.1 Melhoria da Qualidade

Para Campos (1999), o termo “qualidade” significa que um produto, seja ele um bem ou um serviço, atinge os requisitos e a necessidades do cliente de modo confiável. Já Slack et al. (1999) abordam qualidade como fazer as coisas certas. Com base na norma NBR ISO 9001:2008, a gestão da qualidade pode ser definida como a união e a sequência de ações com o objetivo de controlar a organização. Numa releitura da ISO 9001, tem-se que a busca pela melhoria da qualidade orienta e apóia a implementação e manutenção de um sistema de gestão de qualidade em qualquer modelo de organização. De acordo com Neves et al. (2002) e Singh et al. (2011), a aplicabilidade desse sistema é traduzida em benefícios à organização, pois além de melhorar os processos internos, agrega valor à organização e a torna mais competitiva no mercado. E os ganhos podem ter foco no cliente, com vistas a satisfazer as suas necessidades e exceder as suas expectativas, na descoberta de lideranças que estabeleçam a finalidade e a orientação da organização, na melhoria e eficiência dos processos, na identificação, compreensão e gestão de processos inter-relacionais, na melhoria contínua do desempenho global e no fortalecimento das relações ganha-ganha entre empresa e fornecedores, com busca de benefícios e criação de valor mútuo (FEIGENBAUM, 1994).

Enfim, a aplicação e o uso correto de ferramentas, como controle estatísticos de processos (CEP) e análise dos modos e efeitos de falhas (FMEA), entre outras, ajudam na tomada de decisão eficaz, baseada na análise de dados e informações.

2.2 Controle Estatístico de Processos

A discussão sobre o uso de ferramentas gráficas aplicadas à qualidade no Brasil iniciou-se com Juran (1993), que aponta quatro utilizações principais: atingir o controle estatístico do processo, acompanhar o processo, aferir a exatidão do processo e em caso de haver testes destrutivos.

O conceito de qualidade vem mudando ao longo dos tempos e teve diversas etapas de evolução. Link e Scott (2001) sintetizam que a qualidade pode ser entendida como princípios e métodos para a melhoria do desempenho das organizações em atingir os seus objetivos.

Montgomery (2009) destaca o controle estatístico de processo (CEP) como uma coleção de ferramentas de resolução de problemas, útil para a obtenção da estabilidade no processo e melhoria da capacidade pela redução da variabilidade dos produtos. Quando um processo apresenta apenas uma variabilidade natural, diz-se que está no estado de controle estatístico, ou sob controle. Além das causas aleatórias, os processos podem sofrer a ação das causas especiais, resultando na ocorrência de uma variabilidade extra. Essas causas aumentam a dispersão e podem até afastar a característica de qualidade de interesses do seu valor em controle.

De acordo com Montgomery (2009), a redução da variabilidade é importante para a melhoria do desempenho de um processo em todas as indústrias. No CEP, existem sete ferramentas fundamentais: histogramas, folha de verificação, gráfico de Pareto, diagrama de causa-e-efeito, diagrama de concentração de defeitos, diagrama de dispersão e gráfico de controle.

O gráfico de controle (GC) identifica e analisa causas especiais com o objetivo de eliminá-las. Até há pouco tempo, os gráficos de controle eram direcionados exclusivamente para o monitoramento de processos industriais. Pesquisas recentes apontam que as atividades relacionadas à qualidade se ampliaram e são consideradas essenciais para a sobrevivência das organizações em todos os setores (MECCA et al., 2007; SAMOBYL, 2009).

O gráfico de controle típico exibe três linhas paralelas: a linha central, que representa o valor médio do característico de qualidade; a superior, que representa o limite superior de controle (LSC); e a inferior, que representa o limite inferior de controle (LIC) (MONTGOMERY, 2009).

Normalmente, o cálculo dos limites de controle envolve a média (μ) acrescida (para o caso do LSC) e diminuída (para o caso LIC) do produto de duas constantes, cujo valor depende do número de elementos do subgrupo.

A faixa compreendida entre o LIC e o LSC representa a variação aleatória no processo. O processo é dito sob controle se os pontos traçados estiverem entre os limites de forma aleatória. A situação oposta define um processo que não está sob controle. Para a segunda situação, devem-se identificar os fatores responsáveis pelas variações.

2.3 Failure Mode and Effect Analysis

Outro método utilizado para antecipar falhas de produto é o *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) – análise dos modos e efeitos de falhas. Costa e Silva et al. (2006) apresentam um breve resgate histórico do método concebido pelo exército americano em 1949 e aplicado na determinação dos efeitos das falhas de equipamentos, classificando-os segundo o impacto e as condições de segurança referentes ao pessoal. Na década de 1960, foi utilizado na indústria e nas agências aeroespaciais; nas duas décadas seguintes, esteve presente nos grupos de trabalho da Ford Motor Company, Chrysler Corporation e General Motors, tendo em 1980 servido de base para a Norma Americana QS 9000.

Largamente utilizado nas indústrias automobilística, eletrônica, aeroespacial, entre outras, o FMEA auxilia os engenheiros a descobrirem os modos, os efeitos e as causas das falhas potenciais, a avaliarem o risco de cada modo de falha e identificarem as ações corretivas, para evitar a ocorrência de falhas. O principal objetivo é diminuir as chances de o produto ou processo falhar durante sua operação, ou seja, busca aumentar a confiabilidade do produto ou processo.

Outra utilidade do FMEA é a análise da criticidade com a priorização dos riscos. O número de prioridade de risco (NPR) é calculado considerando severidade, taxa de ocorrência e detecção das falhas. Alves (2008), citando Stamatis (1995, p. 87), elenca que sua correta aplicação traz benefícios como:

- melhoria da qualidade, confiabilidade e segurança dos produtos ou serviços;
- melhoria da imagem e competitividade da companhia;
- contribuir para aumentar a satisfação do cliente;
- reduzir o tempo e o custo de desenvolvimento dos produtos;
- identificar procedimentos de diagnóstico;
- estabelecer uma prioridade para a tomada de ações de melhoria;
- identificar características críticas ou significativas;
- contribuir na análise de um novo processo de montagem ou de manufatura;
- contribuir na análise de tarefas, sequência ou serviços;
- estabelecer um foro para prevenção de defeitos;
- identificar erros e sua prevenção;
- contribuir na definição de ações corretivas;

- assegurar que todas as falhas concebíveis e seus efeitos no sucesso operacional foram considerados;
- listar falhas potenciais e identifica a magnitude relativa de seus efeitos;
- prover a documentação histórica para futuras referências, a fim de auxiliar na análise de campos de falha e considerações nas mudanças de projetos, processos e serviços.

Aplicável a qualquer elemento ou processo da construção, poderá detectar problemas e falhas na edificação de unidades multifamiliares, desde procedimentos internos ou externos, tais como: revestimentos de paredes com rebocos de argamassas de cimento e cal, revestimentos por pintura com tinta, revestimentos cerâmicos colados, revestimentos fixados mecanicamente (fachada ventilada), coberturas inclinadas com revestimento em telha cerâmica, coberturas em terraço e revestimentos em pedra (cantarias).

A análise de falhas na construção civil visa, além da introdução de melhorias contínuas nos procedimentos de execução, a consequente redução de desperdício – entendida no contexto do *lean thinking* – e a redução da variabilidade dos efeitos dos processos. A introdução de contramedidas a falhas potenciais implicará no aumento da robustez dos processos de execução, tornando-os menos sensíveis a variações imprevistas nos parâmetros de produção (CARVALHO JR; ANDERY, 1999)

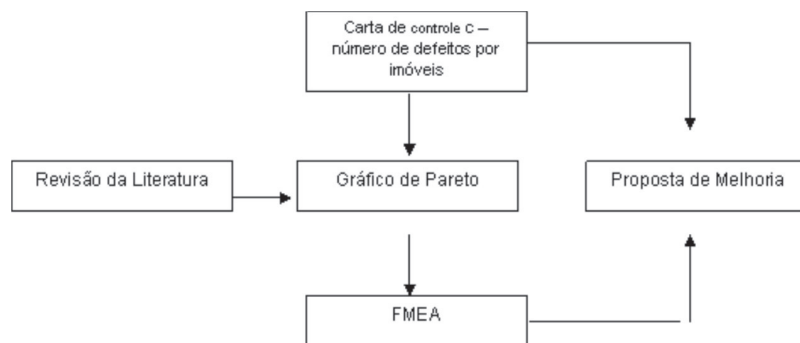
3 Procedimentos Metodológicos

A presente pesquisa foi desenvolvida em uma construtora com sede em Natal, no estado do Rio Grande do Norte (Brasil). O estudo foi realizado em um prédio com 14 andares e 56 apartamentos de 78 m², onde foi analisado o número de defeitos por unidade e os riscos potenciais dessas falhas. Todos os imóveis da edificação analisada foram avaliados antes da entrega para os consumidores. Os dados foram coletados por engenheiros e alunos do curso de Engenharia. O número de defeitos por unidade foi registrado em uma folha de verificação e serviu para a construção da carta de controle c.

Com esse tipo de carta de controle, foi possível identificar os apartamentos onde o número de defeitos estava acima do limite superior de controle. Os efeitos potenciais desses defeitos foram analisados através do FMEA, a fim de priorizar os riscos inerentes das falhas, com foco no atendimento das necessidades do cliente. A partir desses resultados, foi elaborado um plano de ação com ênfase na melhoria no processo do produto.

A Figura 1 ilustra a sequência das etapas da realização da pesquisa.

Figura 1 - Etapas para realização da pesquisa



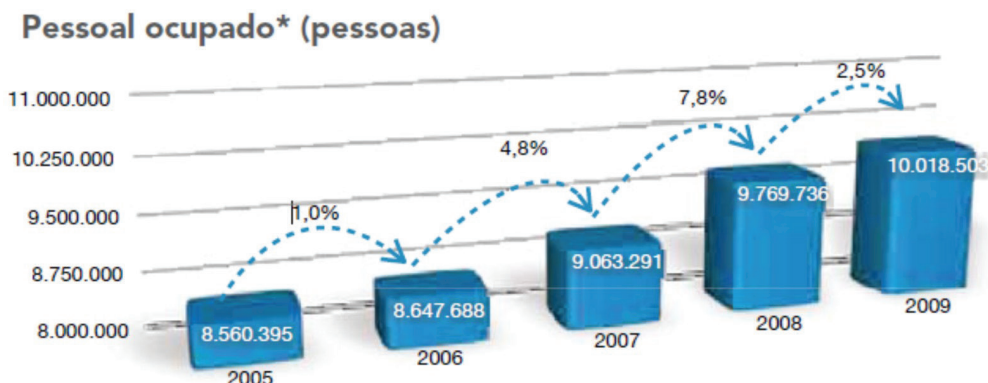
As ações propostas visam orientar as empresas nas correções das falhas em atendimento. No Brasil, as construtoras são responsabilizadas pelos problemas e defeitos de materiais e processos construtivos durante o período de 5 anos após a entrega de um empreendimento.

4 Caracterização do Setor da Construção Civil

As atividades relacionadas à construção civil assumem magnitudes diferenciadas em cada país, de acordo com o seu estágio de desenvolvimento. Contudo, em função do mercado globalizado e consequente acirramento da competição internacional, percebe-se uma eliminação das barreiras internacionais e um aumento no número de construtoras de capital estrangeiro atuando no Brasil, sobretudo na região Nordeste. (ABRAMAT, 2010).

Além da importância econômica, a atividade da construção civil tem relevante papel social no país, particularmente em função de dois aspectos. O primeiro é relacionado à geração de empregos proporcionada pelo setor. A Figura 2 ilustra o crescimento de pessoal ocupado de 2005 a 2009.

Figura 2 - Crescimento do pessoal ocupado na indústria da construção civil



Fonte: ABRAMAT, 2010.

Por intermédio da Figura 2, percebe-se um incremento de pessoal ocupado da ordem de mais de 1,4 milhão em 5 anos. Com o país sendo sede da Copa do Mundo de futebol de 2014 e das Olimpíadas de 2016, o número de pessoal ocupado nesse setor certamente irá aumentar, gerando o que já está sendo vivenciado nos dias atuais: a falta de mão de obra qualificada (ABRAMAT, 2010).

O segundo aspecto relaciona-se ao elevado déficit habitacional no país, estimado em 5,57 milhões de domicílios, dos quais 83% estão localizados nas áreas urbanas (ABRAMAT, 2008). A demanda por moradia na região Nordeste, aliada ao incentivo do governo federal para a compra da casa própria, ocasionou uma oferta por imobiliários, gerando um cenário positivo para o setor, mas ao mesmo tempo houve um considerável crescimento de empresas construtoras atuando na região. De acordo com a SEDEC AGN (2011), a construção civil do Rio Grande do Norte experimentou forte expansão no período entre 2002 e 2010.

As perspectivas da cadeia da construção civil no Brasil são favoráveis nas próximas décadas, tendo em vista a realização de eventos esportivos no país (Copa do Mundo em 2014 e Olimpíadas em 2016), a oferta de crédito imobiliário e o compromisso do setor público com a redução da pobreza da população. O Quadro 1 apresenta a previsão do setor até 2030.

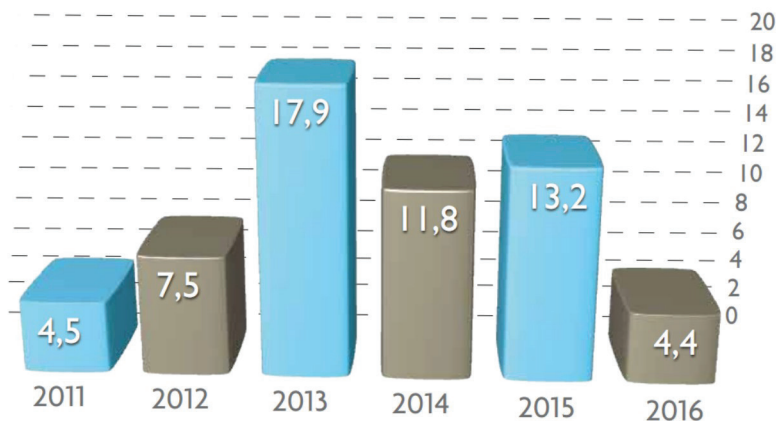
Quadro 1 - Perspectivas da cadeia da construção civil no Brasil

Cadeia da Construção	Previsão para 2030
Potencial de mercado	O Brasil terá cerca de 95,5 milhões de famílias em 2030. A projeção é que sejam construídas, em média, 1,6 milhão de novas residências por ano até 2030.
Crédito	O crédito imobiliário em 2030 atingirá 4,7% do PIB. Em 2008, esse valor era cerca de 1%.
Construtoras	As oportunidades para as empresas que trabalham com a população de baixa renda serão sentidas de uma forma mais intensa até 2017, sendo gradativamente reduzidas a partir daí, com a sofisticação da demanda.
Indústria de materiais	A tendência é uma oferta crescente de produtos de maior valor agregado, em um contexto de aumento do poder aquisitivo dos consumidores.

Fonte: ABRAMAT, 2008.

A Figura 3 reitera o cenário favorável que o setor da construção civil vivenciará nos próximos anos, demonstrando o provável incremento de investimentos que ocorrerá nos eventos esportivos.

Figura 3 - Incremento de investimentos nos eventos esportivos (R\$ bilhões)



Fonte: ABRAMAT, 2009.

Apesar dessas perspectivas favoráveis, analisando pela ótica da gestão da produção, a cadeia da construção civil é um setor caracterizado historicamente por uma lenta evolução tecnológica e gerencial, comparativamente a outros setores industriais. Os sistemas de produção da construção civil tradicionalmente acarretam baixa produtividade e elevados índices de desperdício de material e de mão de obra.

Há uma preocupação crescente em melhorar os processos produtivos do setor da construção civil, e estão sendo realizados muitos esforços nos últimos anos para introduzir os programas de qualidade nele. Trata-se de um setor composto por uma cadeia bastante complexa e heterogênea, contando com uma grande diversidade de agentes intervenientes ao longo do processo de produção, que incorporam diferentes níveis de qualidade e afetarão a qualidade do produto final (SOUZA et al., 2004). A falta de cooperação entre os agentes envolvidos nos trabalhos normalmente provoca perdas de eficiência e produtividade nas atividades, afetando a qualidade.

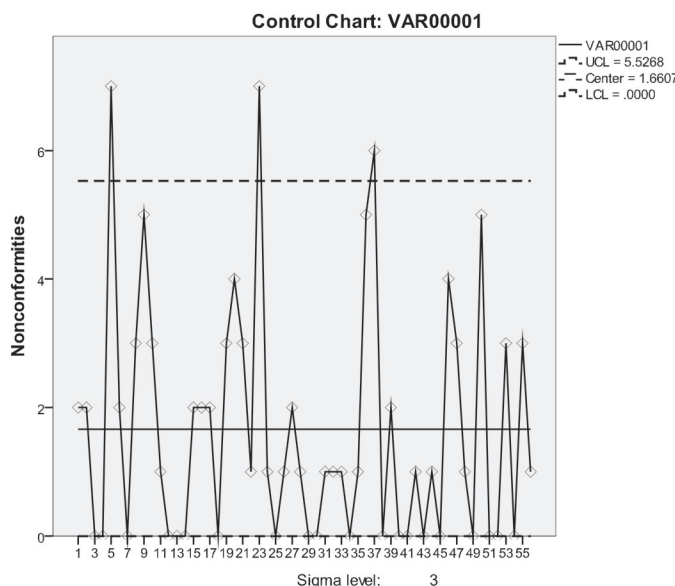
A organização pesquisada atua na região Nordeste há 18 anos com a produção de unidades habitacionais urbanas. Em 2010, a empresa contava com 423 funcionários. Em função da concorrência de outras do mesmo ramo, sobretudo daquelas de capital externo, a construtora analisada busca viabilizar suas margens de lucro a partir da redução de custos, do aumento da produtividade e da busca de soluções tecnológicas e gerenciais, com o intuito de aumentar o grau de industrialização do processo produtivo.

As ações para melhoria da qualidade no setor da construção civil devem considerar a articulação de toda a cadeia produtiva, e as técnicas da engenharia da qualidade são ferramentas capazes de auxiliar na identificação e redução das falhas, contribuindo para a melhoria da qualidade do produto final e, conseqüentemente, com a redução de custos e melhoria na satisfação dos clientes.

4 Resultados da Aplicação do CEP e FMEA

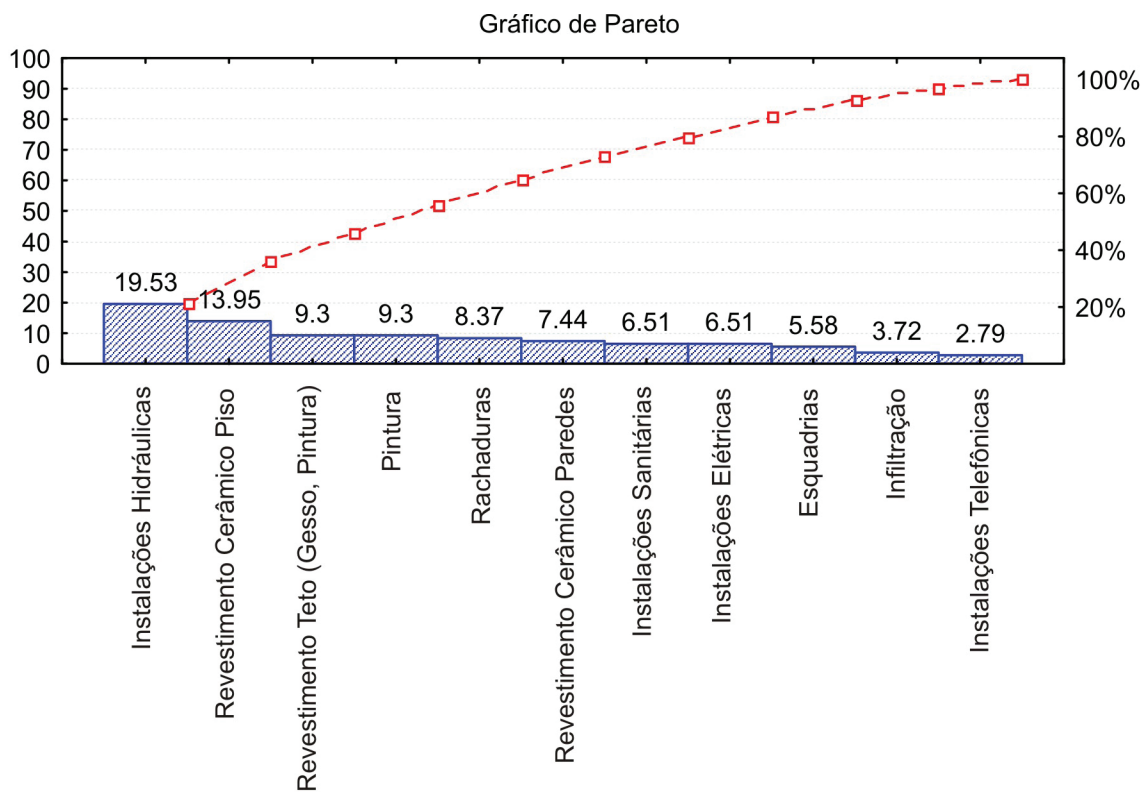
O CEP foi utilizado para verificar a existência de causas especiais nas unidades habitacionais produzidas pela empresa em análise. A carta de controle c (Figura 4) foi utilizada para avaliar o número de não conformidades nos imóveis avaliados. O limite inferior encontrado foi de zero, o limite médio foi de 1,6 defeitos e o limite superior, de 5,5 defeitos. Os resultados evidenciam que, além das causas comuns, existem causas aleatórias que afetaram a qualidade dos imóveis produzidos, uma vez que, em três apartamentos, o número de defeitos encontrado ficou acima do limite superior de controle.

Figura 4 - Carta de controle c para o número de defeitos por imóveis



Foi construído um Gráfico de Pareto (Figura 5) para verificar as não conformidades mais comuns nos imóveis da empresa analisada, permitindo a priorização dos defeitos.

Figura 5 - Gráfico de Pareto: defeitos nos imóveis



Os problemas principais detectados na análise do Gráfico de Pareto foram: instalações hidráulicas, revestimento cerâmico no piso, revestimento do teto, pintura, rachaduras e revestimento das paredes. Após a identificação dos problemas, foi elaborada uma planilha para análise do modo e efeito das falhas (FMEA). Buscou-se, dessa forma, identificar o risco e priorizá-lo (NPR).

Quadro 2 - Aplicação do FMEA

Modo de Falha Potencial	Efeito(s) Potencial(is) da Falha(s)	Severidade	Causa(s) e Mecanismo(s) Potencial(is) da Falha(s)	Ocorrência	Deteção	NPR	Ações recomendadas
Instalações Hidráulicas	Cliente - Insatisfação - Dificuldade/impossibilidade de captar água para beber, processar alimentos, higiene e limpeza da casa. Empresa - prejuízos com retrabalho e problemas imagem da empresa.	8	Terceirização, qualificação da mão de obra, erro de projeto e erro de execução da obra.	10	7	560	Elaborar contrato com a empresa terceirizada que garanta os padrões da qualidade e procedimentos. Cuidado no início do processo. Que o mestre de obras faça uma <i>checklist</i> .
Revestimento Cerâmico Piso	Risco de tropeços e queda, incômodo e transtorno.	5	Processo de execução do assentamento do piso e/ou qualidade do material.	9	3	135	Qualificar mão de obra e rever o fornecedor.
Revestimento Teto (gesso, pintura)	Queda do material com acidentes de pequeno porte, incômodo e transtorno.	5	Terceirização e/ou material de baixa qualidade.	8	2	80	Rever contrato do terceirizado e do fornecedor do insumo, e promover a qualificação da mão de obra.
Pintura Paredes	Incômodo, transtorno.	3	Baixa ou falta de qualificação da mão de obra. Processo de execução anterior e/ou material de baixa qualidade.	7	2	42	Qualificar mão de obra e rever o fornecedor.
Rachaduras	Incômodo, transtorno.	6	Processo de execução do serviço anterior ao reboco ou assentamento cerâmico e/ou matéria prima de baixa qualidade.	6	2	72	Zero defeito nos processos de origem da obra e qualificação da mão de obra.
Revestimento Cerâmico Paredes	Queda do material com acidentes de pequeno porte, incômodo e transtorno.	5	Processo de execução por falta de qualificação da mão de obra e/ou qualidade do material.	5	2	50	Qualificar mão de obra e rever o fornecedor.
Instalações Elétricas	Deixar de suprir as necessidades básicas com o uso de equipamentos de primeira necessidade. Alto nível de insatisfação. Imagem da empresa comprometida.	9	Terceirização do serviço, com falta de compromisso com a qualidade, erro no processo de execução e/ou especificação de material de baixa qualidade.	4	7	252	Rever contrato do terceirizado e do fornecedor do insumo, e promover a qualificação da mão de obra.
Instalações Sanitárias	Insatisfação do cliente – Impossibilita a capacidade do indivíduo de não conseguir suprir suas necessidades fisiológicas, tendo em vista a existência de um único banheiro.	8	Terceirização do serviço, com falta de compromisso com a qualidade, erro no processo de execução e/ou especificação de material de baixa qualidade.	3	7	168	Rever contrato do terceirizado e do fornecedor do insumo, e promover a qualificação da mão de obra.
Esquadrias	Insatisfação e risco de segurança e acidentes.	6	Erro no processo de execução anterior ou de projeto e/ou especificação de material de baixa qualidade.	2	3	36	Zero defeito nos processos de origem da obra e qualificação da mão de obra.
Infiltração	Incômodo e transtorno.	6	Erro no processo de execução e/ou especificação de material de baixa qualidade.	1	6	36	Zero defeito nos processos de origem da obra e qualificação da mão de obra.
Instalações Telefônicas	Incômodo e transtorno.	3	Terceirização do serviço, com falta de compromisso com a qualidade, erro no processo de execução e/ou especificação de material de baixa qualidade.	1	8	24	Rever contrato do terceirizado e do fornecedor do insumo, e promover a qualificação da mão de obra.

As falhas prioritárias em função do risco e que devem ser atacadas pela construtora são: instalações hidráulicas (NPR 560), instalações elétricas (NPR 252) e instalações sanitárias (NPR 168). Constatou-se que os problemas, em sua maioria, são originados pela falta de qualificação da mão de obra brasileira, que não dispõe de programas de treinamento institucionalizado nas empresas, e pelo pouco investimento em formação profissional. Razões que motivam a elevada rotatividade no setor e dos problemas relacionados às condições de trabalho insatisfatórias e dos processos construtivos com inúmeros riscos.

Conclusão

Conclui-se que o controle estatístico de processos (CEP) e a análise das falhas (FMEA) podem ser utilizados pelas empresas da construção civil no monitoramento dos processos de construção de imóveis a fim de melhorar continuamente os produtos e, dessa forma, possibilitar a redução dos custos e o aumento da produtividade. A identificação das falhas comuns e os riscos inerentes a essas falhas eliminam o retrabalho e garantem a melhoria da qualidade das edificações, além de tornar a empresa mais competitiva.

Verificou-se que a aplicação do método FMEA nos processos construtivos possibilitou a detecção de algumas falhas, reais e potenciais, além de permitir a apuração de seus efeitos, causas e controles atuais. Dessa forma, com a utilização desse método, a solução de problemas se apresentou de forma mais clara, alterando o fluxo de decisão e processo de serviço para um mais adequado, contribuindo para a diminuição de custos e incremento da qualidade final da construção.

Com efeito, este estudo apresentou uma alternativa com baixo custo que permite um maior controle nos processos construtivos por meio da adaptação da utilização do método FMEA, que possibilitará oferecer o resultado de um produto com maior grau de segurança, confiabilidade e qualidade, tanto para a empresa construtora como para o cliente da habitação.

Referências

- ABRAMAT Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção. *Perfil da cadeia produtiva da construção e da indústria de materiais e equipamentos* - ABRAMAT. São Paulo: FGV, 2008. Disponível em: <<http://www.abramat.org.br/site/lista.php?secao=9>>. Acesso em: 5 set. 2011.
- ABRAMAT. Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção. *Cenário macroeconômico 2009-2016*. São Paulo: FGV, 2009. Disponível em: <<http://www.abramat.org.br/site/lista.php?secao=9>>. Acesso em: 5 set. 2011.
- ABRAMAT. Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção. *Perfil da cadeia produtiva da construção e da indústria de materiais e equipamentos*. São Paulo: FGV, 2010. Disponível em: <<http://www.abramat.org.br/site/lista.php?secao=9>>. Acesso em: 8 de set. 2011.
- ALVES, R.M. *Estudo da aplicação do FMEA nos projetos de uma empresa de instalações de britagem de agregados para a construção civil*. Universidade Federal de Ouro Preto (monografia) 2008. Disponível em: <<http://www.em.ufop.br/depro/attachments/article/64/Monografia%20Rogerio%20Alves.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2011.
- BRUM, A. L.; BEDIN, G.M. Globalização e desenvolvimento. Algumas reflexões sobre as transformações do mundo atual e suas implicações no processo de desenvolvimento. *Revista Desenvolvimento em questão*. Ijuí, v.1, n.02, pp 09-35. 2003.
- CAMPOS, V. F. *TQC Controle de qualidade total (no estilo japonês)*. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 1999.
- CARVALHO JR., A. N.; ANDERY, P. R. P. *Aplicação de ferramentas de análise de falhas à melhoria de processos de execução em obras prediais*. Rio de Janeiro: Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, 1999.
- FEIGENBAUM, A.V. *Controle da qualidade total*. São Paulo: Makron Books, 1994.
- SILVA, S. C.; FONSECA, M.; DE BRITO, J. *Metodologia FMEA na construção de edifícios*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. 2006. Disponível em: <http://www.fep.up.pt/disciplinas/PGI914/Ref_topico3/FMEA_SS_MF_JB_QIC2006.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2011.
- HÉKIS, H.R. et al.. Estratégia para crescimento através da gestão da qualidade alinhada com a gestão da informação e do conhecimento: Um estudo de caso em uma empresa do ramo da construção civil em Natal/ RN. *Revista Ingepro - Inovação, Gestão e Produção*. Santa Maria, v. 03, n. 1, p. 1-11. 2011.

JURAN, J.M. *Controle da qualidade handbook: conceitos, políticas e filosofia da qualidade*. São Paulo: Makron McGraw Hill, 1993.

LINK, A. N.; SCOTT, J. T. Public/private partnerships: stimulating competition in a dynamic market. *International Journal of Industrial Organization*, Colorado, v. 19, n. 5, p. 763-794. 2001.

MECCA, M.S.; HENNING, E.; PALADINI, E. P. *Indicadores da qualidade na prestação de serviços educacionais: convergência da visão organizacional com a visão de mercado em instituição de ensino superior privado*. Foz do Iguaçu: Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, 2007.

MONTGOMERY, D. C. *Introduction to statistical quality control*. 6. ed. New York: John Wiley & Sons, 2009.

NEVES, R. M.; MAUÉS, L.M.F.; NASCIMENTO, V. M. Avaliação do impacto da implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de Belém/PA. *Anais do ENTAC 2002 – Cooperação e Responsabilidade Social*. Foz do Iguaçu: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído ANTAC, 2002.

SAMOHYL, R. W. *Controle estatístico de qualidade*. São Paulo: Ed. Elsevier/Campus, 2009.

SEDEC. *Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico*. Natal, RN, Disponível em: <<http://www.sedec.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/sedec/principal/enviados/index.asp>> Acesso em: 08 ago. 2011.

SINGH, P.J; POWER, D; CHUONG, S. C. A resource dependence theory perspective of ISO 9000 in managing organizational environment. *Journal of Operations Management*, Pennsylvania, v. 29, n. 1-2, p. 46-64, 2011.

SLACK, N. *et al. Administração da produção*. São Paulo: Atlas, 1999.

SOUZA, U. E. L. *et al. Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva. Ambiente construído*, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 33-46. 2004.

STAMATIS, D.H. *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution*. 1.ed. USA: First Edition, 1995.

TAVARES JR, W; CASTRO, M. A. F; BRAGA, F. O. Análise expedita de viabilidade econômico-financeira de investimento imobiliário aplicada a empreendimento residencial unifamiliar – um estudo de caso. *Rev. Tecnologia*. Fortaleza, v. 28, n. 2, p. 210-221, dez. 2007.

Sobre os autores

Fernanda Cristina Barbosa Pereira Queiroz

Doutora e mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina e graduada em Ciências Econômicas pela Universidade Federal de Juiz de Fora (1997). Foi assessora de planejamento institucional, coordenadora do curso de graduação em Economia, coordenadora de pesquisa de mercado e coordenadora de pesquisa e pós-graduação na Universidade do Extremo Sul Catarinense. Desenvolveu consultoria para implantação de uma Universidade em Angola (África). Atualmente, é professora do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e atua nos cursos de graduação e pós-graduação em Engenharia de Produção. Foi coordenadora do curso de graduação em Engenharia de Produção da UFRN. É avaliadora de cursos e de instituições (INEP/MEC). Pesquisadora nos grupos de pesquisa Competitividade, Inovação e Estratégias de Gestão (UFRN) e Núcleo de Estudos de Tecnologia e Gestão na Indústria e Serviços (IFRN).

Maria do Carmo Duarte Freitas

Professora associada da UFPR, engenheira civil e doutora em Engenharia de Produção UFSC. Premiada no 27º Prêmio Paranaense de Ciência e Tecnologia 2013 - Categoria Pesquisadora-Extensionista. Professora permanente nos Programas de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Ciência, Gestão e Tecnologia da Informação. Pesquisa sobre o desenvolvimento de produtos e serviços de informação, engenharia do conhecimento e da informação, educação corporativa e mapeamento de competências (e-Rubrica), tecnologias, produtos e serviços inovadores e criativos, gestão da tecnologia na educação - Lean Thinking - Lean Office, pesquisas desenvolvidas no Laboratório de Mídias Digitais. Tecnologia em desenvolvimento visitar www.recif-ufpr.net (F-8658-2014 ResearcherID).

Jamerson Viegas Queiroz

Bolsista do CAPES na modalidade PNPd (Programa Nacional de Pós-doutorado). cursando pós-doutorado na Universidade Tecnologia Federal do Paraná. Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2003), mestrado em Economia Industrial pela Universidade Federal de Santa Catarina (2000) e graduado em Ciências Econômicas pela Universidade da Amazônia (1996). Professor na Universidade do Extremo Sul de Santa Catarina (UNESC) no período de 1999 a 2009. Atualmente, é professor adjunto da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, professor do mestrado em Engenharia de Produção da UFRN, professor da Universidade Aberta do Brasil (UAB) vinculado ao curso de Administração Pública da UFRN. Possui experiência na área de Economia e Engenharia de Produção, com ênfase em elaboração e análise de projetos de fomento nacional e internacional, gestão da inovação e empreendedorismo, gestão universitária e hospitalar. É avaliador Institucional e de cursos do INEP/MEC, líder do Grupo de Pesquisa, ligado ao programa de pós-graduação da UFRN, "Competitividade, Inovação e Estratégias de Gestão". Avaliador ad-hoc da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), assim como da FAPERN (Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Norte). Pesquisador membro da Rede Brasileira de Pesquisa em Energia Eólica RBPEE. Líder do grupo de pesquisa Ciência, tecnologia e gestão em energia eólica e solar.

Hélio Roberto Hékis

Doutor em Engenharia de Produção e Sistemas - Área de concentração - Gestão de Negócios pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC (2004). Mestre em Administração - Gestão Estratégica das Organizações pela Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC/ESAG (1999). Especialista em Auditoria Empresarial pela Universidade Federal de Santa Catarina UFSC (1992). Graduação em Ciências Contábeis pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC (1988). Editor-chefe da Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde - R-BITS (ISSN: 2236-1103). Chefe da Unidade de Telessaúde da Maternidade Escola Januário Cicco - MEJC. Professor Adjunto III do Curso de Engenharia Biomédica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. Avaliador Institucional e de Cursos pelo INEP/MEC. Líder do Grupo de Pesquisa (Estratégias em Serviços Hospitalares e Inovação em Saúde - ESHIS), ligado ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da UFRN. Pesquisador do Núcleo de Inovação Tecnológica em Saúde (NITS), ligado ao Laboratório de Inovação Tecnológica em Saúde (LAIS). Professor do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção Curso de Mestrado em Engenharia de Produção da UFRN - área de Gestão do Conhecimento Organizacional. É consultor do Departamento de Ciência e Tecnologia - DECIT, da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos - SCTIE, do Ministério da Saúde. Foi coordenador do Curso de Engenharia de Produção da UFRN. Foi professor da Universidade Aberta do Brasil - UAB, vinculado ao Curso de Administração Pública da UFRN. Foi diretor geral do Grupo Estácio Participações - Unidade de Espírito Santo. Foi conselheiro do Conselho Regional de Contabilidade do Estado de Santa Catarina - CRC/SC.

Ricardo Pires de Souza

Engenheiro Físico, graduado pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar -2006), mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN - 2012) e doutorando em Engenharia Mecânica pela UFRN com foco em pesquisa operacional e planejamento de experimentos visando otimização de processos produtivos. Vivência em planejamento de produção e planejamento de demanda de grandes industriais, tais como 3M do Brasil e Suzano Papel e Celulose S/A. Atuou em projetos Six Sigma, com a utilização de ferramentas estatísticas.