

SEIS SIGMA E CONCRETO TECNOLÓGICO DE CONCRETO USINADO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA CEARENSE

Fernanda Moreira (Concrefuji) E-mail: fernanda.silva922@gmail.com
José Luciano Lopes da Costa Filho E-mail: nutec16@unichristus.edu.br

Resumo: O subdesenvolvimento dos processos gerenciais, a baixa qualidade do produto final e o descumprimento de normas técnicas, é uma das características mais marcantes da Indústria da Construção Civil (ICC), dificultando, assim, o desenvolvimento de atividades que necessitam de uma rígida administração. Nesse contexto, a realização do Controle Tecnológico de Concreto (CTC) representa um desafio a esse macrossetor, pois as diferentes etapas e agentes envolvidos no processo demandam um rigoroso controle das ações executadas, visando a confiabilidade dos resultados obtidos. Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo analisar a aplicação da metodologia Seis Sigma ao CTC, como forma de aumentar o rigor nas operações e reduzir as variações no processo. Para tal, realizou-se um estudo de caso com uma empresa de Fortaleza-CE, mapeando as atividades inerentes ao CTC e analisando-as sob a óptica da metodologia Seis Sigma. Tal análise permitiu a identificação dos pontos de possíveis variações, viabilizando, assim, a utilização de ferramentas de controle. Assim, foi possível identificar as causas raízes das variações no processo, permitindo a proposição de melhorias no modo como as atividades são desenvolvidas pela empresa em análise. Ademais, concluiu-se que a aplicação da metodologia Seis Sigma ao CTC permite um rígido controle das operações, aumentando o domínio dos gestores sobre as atividades, reduzindo as variações nos processos. Concluiu-se, também, que a aplicação da metodologia Seis Sigma pode ser expandida para outras atividades que necessitam de uma rigorosa gestão, como controle de agregados, pois o desempenho do concreto depende substancialmente de seus constituintes.

Palavras-chave: Gestão, Construção Civil, Metodologia de Gerenciamento.

SIX SIGMA AND TECHNOLOGICAL CONCRETE OF MACHINED CONCRETE: A CASE STUDY IN A CEARENSE COMPANY

Abstract: The underdevelopment of management processes, the low quality of the final product and the failure to comply with technical standards, is one of the most striking characteristics of the Civil Construction Industry (ICC), thus making it difficult to develop activities that require strict administration. In this context, the realization of the Technological Control of Concrete (CTC) represents a challenge to this macro sector, since the different stages and agents involved in the process demand a strict control of the performed actions, aiming at the reliability of the obtained results. Thus, the present work aimed to analyze the application of the Six Sigma methodology to CTC, as a way of increasing the rigor in operations and reducing variations in the process. To this end, a case study was carried out with a company from Fortaleza-CE, mapping the activities inherent to the CTC and analyzing them from the perspective of the Six Sigma methodology. Such analysis allowed the identification of points of possible variations, thus enabling the use of control tools. Thus, it was possible to identify the root causes of the variations in the process, allowing the proposition of improvements in the way the activities are developed by the company under analysis. Furthermore, it is concluded that the application of the Six Sigma methodology to the CTC allows a rigid control of the operations, increasing the managers' domain over the activities, reducing the variations in the processes. It was also concluded that the application of the Six Sigma methodology can be expanded to other activities that require strict management, such as aggregate control, as the performance of the concrete depends substantially on its constituents.

Keywords: Management, Civil Construction, Management Methodology.

1. Introdução

O Controle Tecnológico de Concreto (CTC) tem se tornado uma necessidade crescente na Indústria da Construção Civil (ICC) brasileira, pois, segundo projeções da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2013), o consumo de concreto usinado atingiu o patamar de 72,3 milhões de m³ em 2017.

Todavia, características inerentes a ICC, como a baixa qualidade do produto final e o subdesenvolvimento nos processos gerenciais (FREJ, ALENCAR, 2010), dificultam o efetivo cumprimento da Norma Brasileira Regulamentadora NBR ABNT 12655:2015 - Concreto de Cimento Portland – Preparo, Controle e Recebimento – Procedimento - que rege todas as atividades do CTC.

Nesse contexto, surge a necessidade de empregar metodologias de gerenciamento que auxiliem na correta execução do CTC, fitando a entrega de resultados confiáveis ao cliente final.

Assim, o presente estudo tem por finalidade analisar a aplicação da metodologia Seis Sigma ao CTC, a qual possui o objetivo de reduzir as variações sobre um processo, minimizando a ocorrência de falhas (KAWAKI, ANBARI, 2006).

Para tal, estudou-se os procedimentos realizados por uma empresa, localizada em Fortaleza/CE que atua nesse segmento. Nessa organização, mapeou-se as atividades inerentes ao CTC, buscando analisá-la sob a óptica do Seis Sigma. Para isso, verificou-se o processo de acordo com os seguintes pontos: (i) identificar os pontos de possíveis variações e (ii) indicar as ferramentas de controle mais adequadas; os quais são os objetivos específicos da presente pesquisa.

2. Referencial Teórico

Esta seção apresenta encontra-se dividida em dois tópicos. No primeiro, apresenta-se uma visão geral da metodologia Seis Sigma, suas principais ferramentas e fases de implementação. Já na seção subsequente, expõe-se sobre o que é o CTC e quais as etapas o compõe, bem como as normas balizadoras.

2.1. Metodologia Seis Sigma

A metodologia Seis Sigma simboliza eficiência e economia às organizações, pois visa atingir um nível de 99,99966% de eficácia nos processos em que atua, tendo como base para sua execução o Ciclo DMAIC (MANI, PÁDUA, 2008; ZU, FRENDALL, DOUGLAS, 2008; KWAK, ANBARI, 2006).

Fortemente embasado em ferramentas estatísticas, o Ciclo DMAIC é constituído das fases Define, Measure, Analyse, Improve e Control, que apresentam como tópicos centrais, segundo Werkema (2013), os seguintes pontos:

- *Define*: definição do escopo do projeto;
- *Measure*: determinação da localização do problema;
- *Analyse*: determinar as causas de cada problema;
- *Improve*: implementar soluções;
- *Control*: garantir a sustentabilidade das ações.

Para atingir o objetivo central de cada fase, o ciclo DMAIC recebe o apoio das 7 ferramentas básicas da qualidade, - mostrando a influência do ciclo PDCA no Seis Sigma -, e de outros artifícios estatísticos e qualitativos (RAMOS et al., 2014; RECHULSKI, CARVALHO, 2004; WERKEMA, 2013). A relação entre as fases e as ferramentas da metodologia foram compiladas na Figura 1.

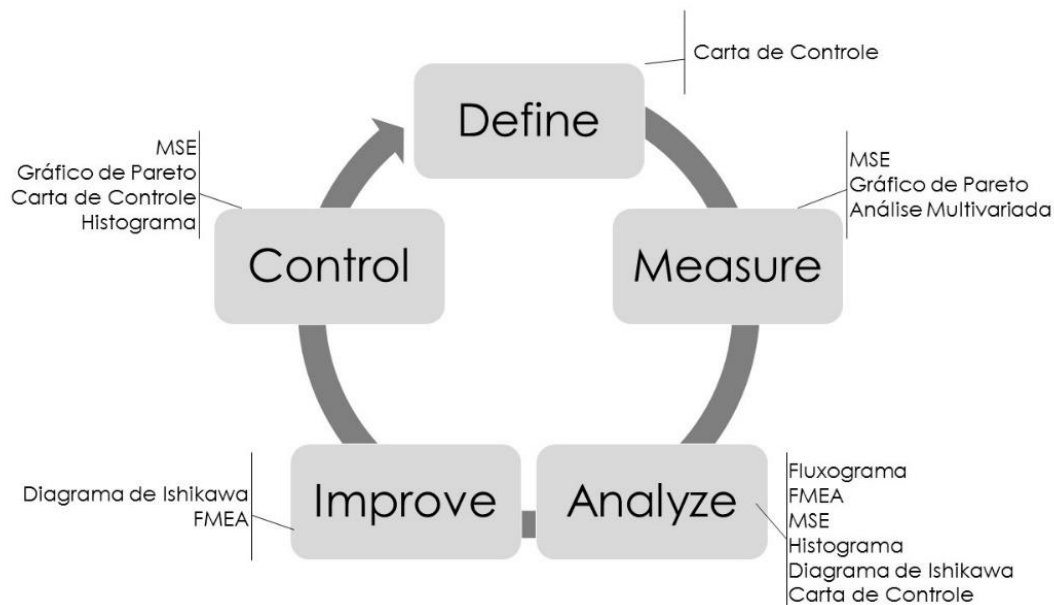


Figura 1 – Ferramentas do Ciclo DMAIC

Fonte: Elaborado pelo autores a partir de Werkema (2013).

As relações estabelecidas foram feitas com base no objetivo central de cada fase com o propósito da ferramenta. Assim, observa-se na imagem apresentada que cada atividade desenvolvida com base no Ciclo DMAIC é apoiada em inferências estatísticas, dando maior confiabilidade as informações obtidas (RAMOS et al., 2014).

Tal característica é fundamental ao desenvolvimento e controle do CTC, haja vista a necessidade de se atender rigidamente a NBR 12655:2015 para a obtenção de dados confiáveis.

2.2. Controle Tecnológico de Concreto (CTC)

Desenvolvido com base na NBR 12655 (ABNT, 2015), o CTC deve ser realizado para concretos a base de cimento Portland, seja produzido em obra ou rodado em central, e tem como objetivo atestar a confiabilidade do concreto recebido, de acordo com as exigências estabelecidas em projeto (ABNT, 2015; CARROMEU *et al.*, 2012).

Nesse contexto, a realização do CTC para concreto usinado, de acordo com a NBR mencionada, é feita por meio de controle por amostragem total, iniciando-se com a realização do Slump Test (NBR NM 67:1998) e moldagem dos Corpos de Prova – CPs - (NBR 5798:2015) na obra e encerrando-se com a rupturas destes em laboratório (NBR 5739:2007).

A primeira atividade mencionada integra a fase de recebimento a qual, ainda de acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2015), também é composta pela aferição da Nota Fiscal (NF), que registra o horário de saída do veículo da concreteiras para a obra, pelo registro da placa do caminhão betoneira e o número do misturador.

Tais informações são necessárias para a rastreabilidade do concreto, a qual é composta pelos registros gerados, hora de início da concretagem e peça concretada, e seu

histórico, baseado na NF, compondo o mapa de concretagem, que apresenta a função de detalhar todo o histórico do concreto utilizado (ZALAF, MAGALHÃES FILHO, BRAZ, 2014).

Já a etapa de rompimento dos CPs é executada em laboratório e tem como finalidade simular a resistência a compressão (fck) que o concreto recebido suporta, aferindo os resultados obtidos com o previsto em projeto.

O CTC é encerrado com a aceitação do concreto, que culmina em um laudo técnico que ratifica os resultados obtidos em relação as exigências do projeto. Dessa forma, a construtora poderá tomar decisões mais seguras, baseando-se nos dados obtidos.

Mediante o exposto, observa-se a necessidade de definição de uma metodologia que gerencie todas as etapas do CTC, garantindo mais confiança ao resultado final.

3. Metodologia

Como método de pesquisa, realizou-se um estudo de caso (YIN, 2015) com uma abordagem qualitativa e objetiva exploratória e descritiva (COLLIS; HUSSEY, 2005) com uma empresa cearense (Empresa A), localizada em Fortaleza-CE. O delineamento do estudo é apresentado na Figura 2.

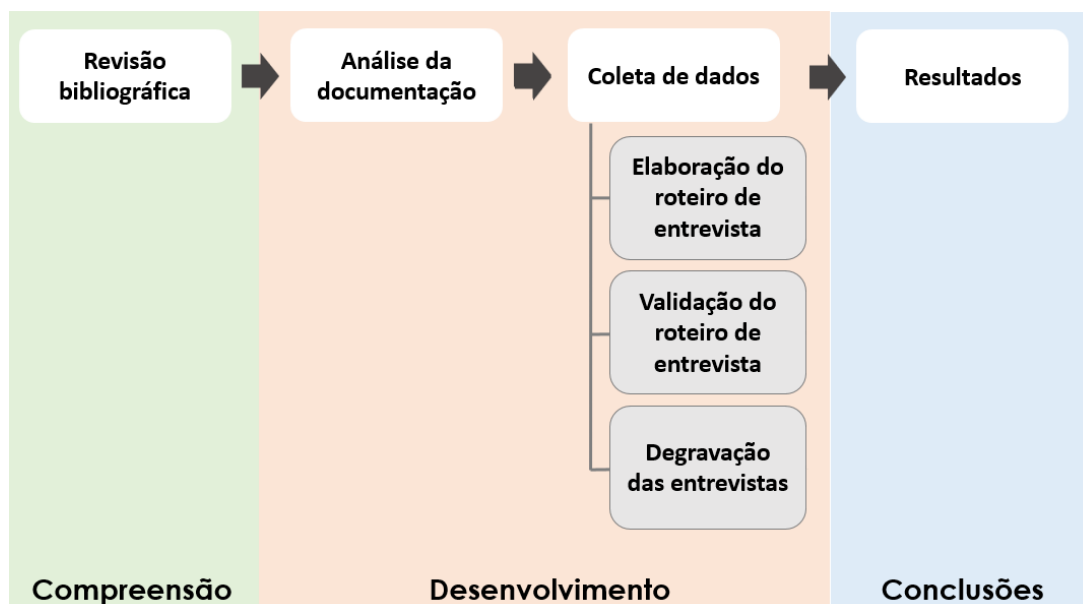


Figura 2 – Exemplo de figura
Fonte: Os autores (2020).

A primeira parte da coleta de dados foi a análise de um documento intitulado “Manual da Qualidade”, o qual discriminava claramente os serviços inerentes a obra e ao laboratório, bem como os possíveis erros.

Já a segunda etapa foi constituída por meio de um roteiro de entrevista semiestruturado (RICHARDSON, 2011), com 20 questionamentos, dividido em 3 seções: (i) caracterização da empresa; (ii) papel desenvolvido dentro do CTC; e (iii) conhecimento das normas aplicáveis.

O estudo do *Manual da Qualidade*, o acompanhamento da execução do CTC por parte do pesquisador e a entrevista com os atores dos processos, viabilizaram a compressão holística do serviço desenvolvido, bem como seu mapeamento e divisão em duas partes (obra e laboratório), facilitando o estudo das variações que atuam no processo.

As características gerais da empresa analisada são descritas no Quadro 1.

Quadro 1 – Caracterização da empresa

Tempo de atuação	Escopo	Faturamento anual médio	Quant. De Entrevistados
3 anos.	Projeto arquitetônico, elétrico, hidrossanitários, combate a incêndio; Designer de interiores; Inspeção Predial; CTC.	R\$ 50.000,00	8

Fonte: Os autores (2019).

Isto posto, apresenta-se no tópico subsequente os resultados obtidos por meio da metodologia de pesquisa aplicada.

4. Resultados e Discussões

Os procedimentos desenvolvidos pela Empresa A apresentam duas etapas distintas, dependentes entre si, podendo ser classificada da seguinte forma: (i) gestão na obra; e (ii) gestão no laboratório; conforme apresentado no fluxograma simplificado da Figura 3.

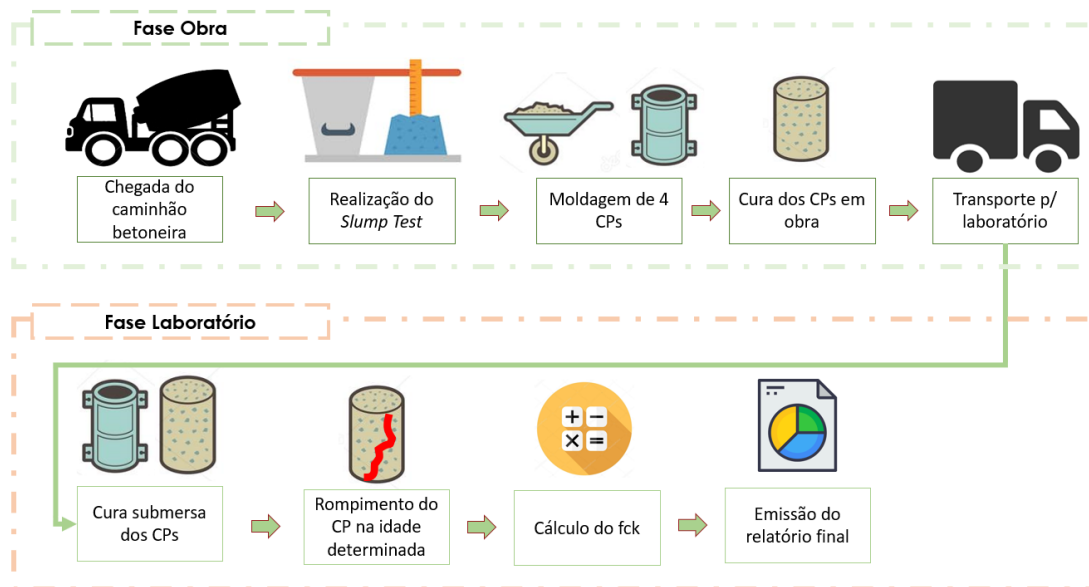


Figura 3 – Fluxograma do CTC

Fonte: Os autores (2020).

A concepção de tal fluxograma permitiu a definição do escopo do projeto cuja a metodologia Seis Sigma será aplicada, iniciando, assim, a fase *Define* do Ciclo DMAIC.

A análise da esfera de atuação da metodologia em estudo, viabilizou a análise individual de cada processo, gerando o Quadro 2 a seguir.

Quadro 2 – Atividade x Variação

Gestão de Obra	
Atividade	Motivo de Variação
Registro de Concretagem	O modelo adotado pela Empresa A é contraproducente
Realização do <i>Slump Test</i>	Procedimentos diferentes dos previstos nas NBRs competentes.
Molde dos CPs	
Desmolde dos CPs	
Armazenagem dos CPs	
Transporte	O transporte inadequado pode afetar a integridade dos CPs, prejudicando os processos da etapa subsequente.
Gestão no Laboratório	
Atividade	Motivo de Variação
Rompimento dos CPs	A máquina necessária nessa etapa pode não estar calibrada da forma correta.
Entrada de dados no sistema	Dificuldades em manusear o sistema operacional que a empresa utiliza para o registro das atividades inerentes ao CTC




Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

A concepção do Quadro 2 se caracteriza como marco inicial da etapa *Measure e Analyse* do ciclo DMAIC, pois permitiu a localização do problema e a determinação das causas raízes que geram a variação no processo.

Estudando o quadro apresentado, tem-se o Registro de Concretagem indicado como o primeiro problema. Tal adversidade foi identificada após entrevista com o colaborador da empresa que atua na obra.

Durante a entrevista, o colaborador mencionou que o modelo adotado dificulta o trabalho em obra, pois as informações encontram-se fracionadas em diferentes partes, o que dificulta o registro das informações nos campos corretos.

Visando solucionar tal problema, é apresentada na Figura 4 um modelo de Registro de Concretagem que concentra todas as informações em um único lugar, fitando aumento na produtividade. O modelo apresentado foi validado e aprovado pelos representantes da empresa em análise.

Cliente:		Responsável:			
Obra:		Telefone:			
Local:		Data:			
Informações Técnicas					
Forneceador	Resistência	Slump Test	Vol. (m ³)	Traço	
Informações da Obra					
			Início (hr)	Pausa (hr)	Fim (hr)
Quant. Caminhões:		Quant. CPs:		Parte Concretada:	
Sequência dos CPs e NF correspondente					
Observações Gerais					

OPERADOR					

Figura 4 – Modelo proposto de Registro de Concretagem

Fonte: Os autores (2020).

Ademais, tem-se as atividades impostas pelas normas pertinentes como processos sujeitos a variações. Nesse contexto, a utilização do Diagrama de Ishikawa permite que a organização avalie cada problema de forma isolada, classificando-os em áreas específicas, de acordo com suas características, permitindo a elaboração de planos de controle para cada atividade. Essa ferramenta também se adequa ao processo de transporte, pois permite uma visão ampla da situação-problema, permitindo a busca por soluções que atuem nas causas raízes do problema.

No tangente a *Gestão no Laboratório*, infere-se do quadro apresentado que o ensaio de compressão é maior causa de variações nessa etapa. Assim, além do Diagrama de Ishikawa, a Avaliação do Sistema de Mediação e Desempenho (MSE) deve ser utilizada para aferir a confiabilidade do equipamento utilizado.

Nesse contexto, a utilização do CEP auxiliaria os gestores a manterem um monitoramento sobre os dados obtidos, buscando manter o processo dentro dos limites de controle, tendo como base uma amostragem periódica de CPs rompidos.

No que tange a atividade de *Entrada de Dados no Sistema*, a utilização de fluxogramas, descrevendo visualmente a forma de utilizar o sistema operacional e a forma de registro dos dados coletados, auxiliaria o colaborador em caso de dúvida, reduzindo falhas por esquecimento ou uso inadequado do software.

Mediante o exposto, tem-se o desenvolvimento da fase *Improve*, pois a adoção das ferramentas descritas proporcionara a concepção de soluções eficazes, viabilizando que

o desenvolvimento do CTC sem variações e com extremo rigor as normativas pertinentes.

Por fim, tem-se a utilização das ferramentas Plano de Controle (PC), Listagem (ou Folha) de Verificação e Gráfico de Tendências, como meios de manter as melhorias implementadas. Assim, tem-se o início da etapa Control.

O PC seria utilizado para monitorar as contramedidas realizadas ao longo da execução do projeto Seis Sigma. Já o segundo artifício serviria como guia para a equipe auditar internamente seus processos, aferindo a qualidade das ações executadas.

Por fim, a incorporação do Gráfico de Tendências ao processo de gestão do CTC atuaria diretamente sobre os resultados gerados pelos rompimentos dos CPs, analisando a tendência de comportamento das informações obtidas, buscando verificar o desempenho da prensa utilizada e com isso determinar a necessidade de manutenções.

Assim, mediante o exposto, tem-se que a metodologia Seis Sigma proporcionaria as empresas que a utilizassem, uma gestão extremamente rigorosa do CTC, atuando na redução de falhas durante a operação, garantindo a confiabilidade na apresentação de resultados ao cliente final.

5. Considerações Finais

O presente trabalho teve por objetivo analisar a aplicação da metodologia Seis Sigma ao CTC. Para isso, dividiu-se o estudo em dois pontos: (i) identificar os pontos de possíveis variações e (ii) indicar as ferramentas de controle mais adequadas. Desse modo, foi possível executar o ciclo DMAIC e analisar sua aderência ao processo do CTC.

Nesse contexto, concluiu-se que a metodologia Seis Sigma viabiliza um rígido controle das atividades inerentes ao CTC, auxiliando as empresas que prestam tal serviço a seguirem as normas pertinentes de maneira mais rigorosa, bem como auxilia a controlar as causas raízes das variações nos processos.

Ademais, considerando a importância da execução de um rígido controle de todos os componentes integrantes do concreto, propõe-se a aplicação da metodologia Seis Sigma para o controle de agregados, pois o desempenho do concreto depende, substancialmente, de seus constituintes

Referencias

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Pesquisa inédita e exclusiva revela cenário do mercado brasileiro de concreto**. 2013. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/imprensa/noticias/pesquisa-inedita-e-exclusiva-revela-cenario-do-mercado-brasileiro-de-concreto/>> Acessado em: 19/07/2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de Cimento Portland – Preparo, Controle e Recebimento – Procedimento. Rio de Janeiro, p.29, 2015.

_____. **NBR 5738**: Procedimento para Moldagem e Cura de Corpos de Prova. Rio de Janeiro, p. 8, 2015.

_____. **NBR 5739**: Ensaio de compressão de Corpo de Prova Cilíndrico, Rio de Janeiro, p. 13, 2007.

_____. **NBR NM 67: Concreto – Determinação Da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone.** Rio de Janeiro, p. 8, 1998

CARROMEU, C. C.; OLIVEIRA, K. C.; HELENE, P.; HERVÉ NETO, E.; BILESKEY, P.; PACHECO, J. A importância da acreditação laboratorial e da certificação de mão de obra no controle de aceitação do concreto. *In: 54º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 54, 2012, Maceió. Anais...* Maceió-AL.

COLLINS, J.; HUSSEY, **Pesquisa em Administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

FREJ, T. A.; ALENCAR, L. H. **Fatores de sucesso no gerenciamento de múltiplos projetos na construção civil em Recife.** Produção, v. 20, p. 322-334, 2010.

KWAK, Y. H.; ANBARI, F. T. **Benefits, bostacles, and future of six sigma approach. Technovation.** v.1, n.26, p.708-715, 2006.

MANI, G. M.; PÁDUA, F. S. M. **Lean Seis Sigma.** Interface Tecnológica. V.5, n.1, p.115-126, 2008.

RAMOS, F. V.; LOPES, C. B.; SILVA, N. F.; PEREIRA, T. G. Gestão de Projetos Através do DMAIC. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 34, 2014, Curitiba. Anais...* Curitiba-PR.

RECHULSKI, K. D.; CARVALHO, M. M. Programas de qualidade seis sigma: características distintivas dos modelos DMAIC e DFSS. *In: XI Simpósio de Engenharia de Produção, 11, 2004. Anais...* Bauru-SP.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

WERKEMA, C. **Métodos PDCA e DMAIC suas ferramentas analíticas.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos.** 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015

ZALAF, R. SCHMALTZ.; MAGALHÃES FILHO, S. R.; BRAZ, T. C. **Estudo do Controle Tecnológico e Recebimento do Concreto em Obra.** 2014, 91 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil. Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2014.

ZU, X.; FREDENDALL, L. D.; DOUGLAS, T. J. **The Evolving Theory of Quality Management: the role of six sigma.** Journal of Operations Management, v. 26, n.1, p.630-650, 2008.