



Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais  
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

## MODELO AVALIATIVO DE APLICAÇÃO DO LEAN SIX SIGMA EM EMPRESAS CONSTRUTORAS<sup>1</sup>

**YAMAMOTO, Lucio S. (1); SERRA, Sheyla M. B. (2)**

**(1)** Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGECiv), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), lucio.yamamoto@estudante.ufscar.br

**(2)** PPGECiv, UFSCar, sheylabs@ufscar.br

### RESUMO

*Ainda que a indústria da construção civil tenha desenvolvido metodologias para o controle da qualidade de obras, ainda há falhas no gerenciamento da qualidade, principalmente em relação ao controle dos processos e produtos. A implantação do conjunto de práticas conhecido como Lean Six Sigma (LSS) pode proporcionar melhoria na eficiência dos processos reduzindo os desperdícios. O objetivo desta pesquisa é propor uma estrutura de avaliação de possível aplicação do LSS por meio de um questionário estruturado seguindo a formatação do ciclo DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve, Control). O questionário foi aplicado a profissionais responsáveis pelo gerenciamento de obras e pelo setor da qualidade em duas construtoras. Os resultados demonstraram que as empresas contatadas possuem o domínio da fase de definição de atividades, clientes e requisições, porém há possibilidade de implementação de ações e ferramentas aplicadas para o desenvolvimento de processos e produtos. Sendo assim, a pesquisa contribui para elencar os principais gargalos nos modelos de gerenciamento aplicados por empresas construtoras segundo a prática LSS.*

**Palavras-chave:** *Qualidade, construção civil, construção enxuta, Seis Sigma, avaliação.*

### ABSTRACT

*Even though the construction industry has developed its management tools and methodologies for the production and quality control of works there are still defect in quality management, mainly concerning control of processes and products. The implementation of a set of practices known as Lean Six Sigma (LSS) can improved process efficiency by reducing waste. The objective of this research is to propose an evaluation structure of possible application of the LSS through a structured questionnaire following the formatting of the DMAIC cycle (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control). The questionnaire was answered by professionals responsible for construction or quality management in two construction companies. The results infer that the companies contacted have mastered the phase of defining activities, customers, and requisitions, but there is a possible implementation of actions and tools that are applied for the development of processes and products. Thus, the research contributes to listing the main bottlenecks in the management models applied by LSS.*

**Keywords:** *Quality, construction industry, lean construction, Six Sigma, assessment.*

---

<sup>1</sup> YAMAMOTO, Lucio S.; SERRA, Sheyla M. B. Modelo avaliativo de aplicação do Lean Six Sigma em empresas construtoras. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil ainda se encontra em fase de definição das técnicas gerenciais mais adequadas ao seu uso, em comparação com o setor da indústria de manufatura e a indústria seriada que seguem metodologias específicas (ALVES; MILBERG; WALSH, 2012). Se por um lado, a Construção Enxuta (*Lean Construction*) apresentou diversas melhorias nos fluxos físicos, financeiros e de informação na construção civil (TEZEL; KOSKELA; AZIZ, 2018), ainda é muito recente a aplicação de técnicas e ferramentas que busquem a medição no desempenho organizacional.

O gerenciamento da qualidade em qualquer setor da economia representa um dos aspectos mais importantes na avaliação operacional de processos. O desenvolvimento constante no desempenho de empresas construtoras tem, em alguns casos, como objetivo a obtenção de certificação com base nas normas ISO 9000 e no Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H) (BERR; FORMOSO, 2012). Sendo assim, os estudos das práticas de gestão da qualidade são fundamentais para o bom desenvolvimento e manutenção competitiva das organizações estabelecidas (NAIR, 2006).

O *Lean Six Sigma* (LSS) é uma metodologia que traz ferramentas gerenciais e estatísticas que possibilitam a análise e implementação de métodos que garantam a busca pela melhoria incremental em atividades produtivas (DAKHLI, LAFHAJ E BOS, 2016), composto por etapas definidas no ciclo DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve, Control).

Dessa forma, a pesquisa apresentada visa propor uma estrutura de avaliação de aplicação do LSS por meio de um questionário estruturado seguindo a formatação do ciclo DMAIC, aproximando a construção civil de técnicas e ferramentas de gerenciamento da qualidade atuais e dinâmicos.

## 2 CONCEITUAÇÃO

O conceito de Six Sigma foi desenvolvido como ferramenta de gestão da produção interna da Motorola atingindo resultados satisfatórios quanto a visualização das operações táticas e estratégicas, melhoria nos processos de trabalho, o aumento nas habilidades dos funcionários e implementação da cultura de melhoria constante (ABOELMAGED, 2010).

O conceito de qualidade sempre foi amplamente difundido com a definição de atender às conformidades e padrões na constante tentativa de criar produtos, serviços ou atividades dentro de certos limites de especificações (HERAVI; JAFARI, 2014). No entanto, qualidade na visão do Six Sigma inclui valor econômico e utilidade prática nas atividades e produtos tanto para a empresa produtora quanto para o consumidor.

Inicialmente, pode-se entender a qualidade como uma taxa estatística ou um programa de desenvolvimento (ALDOWAISAN; NOURELFATH; HASSAN, 2015) com o objetivo de tangenciar a perfeição dos processos, garantindo que tal processo ou empresa seja a melhor de sua área (BEHARA; FONTENOT; GRESHAM, 1995). No entanto, segundo Harry e Schroder (2006), a ferramenta é um método extremamente disciplinado e rigoroso no levantamento de dados e análise estatística para destacar erros e suas fontes, além de eliminar futuramente os mesmos. Tal definição pode ser complementada com a de Marzagão e Carvalho (2016) que a definem como uma metodologia de desenvolvimento

contínuo a fim de reduzir a variabilidade dos processos e diminuir perdas e desperdícios com a utilização de técnicas e ferramentas estatísticas. Tal metodologia estruturada pode ser bem ilustrada pelo ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar ou Incrementar, Controlar, em português), sendo as definições de cada etapa indicadas a seguir (DAKHLI, LAFHAJ E BOS, 2016):

- Definir: Definir qual produto ou processo necessita de melhoria. Essa etapa busca definir o time de membros para trabalhar em tal melhoria; quais os clientes dos processos e ou produtos, quais suas necessidades e requisitos para que, por fim, criar um mapa do processo a ser incrementado;
- Medir: Identificar quais são as etapas principais e mais importantes buscando entender o impacto delas nos processos a fim de decidir como serão as técnicas de medição dos serviços estudados;
- Analisar: Analisar os fatores que necessitam de desenvolvimento;
- Incrementar (Melhorar): Projetar e implementar as soluções mais efetivas, relacionando o seu custo-benefício e embasando a escolha da melhor solução;
- Controlar: Verificar se a implementação das melhorias realmente apresentou sucesso nos resultados e garantir que tais implementações sejam realizadas periodicamente com o passar do tempo.

De acordo com Isa e Usmen (2015), a natureza da metodologia do *Lean Six Sigma* (LSS) é adaptar sistematicamente os conceitos e princípios da produção enxuta com a estrutura de análise qualitativa do DMAIC. Por meio da utilização de método de melhoria do processo enxuto (*Lean*) e com a adição do Six Sigma, alcança-se alvos de melhoria bem definidos e resultados quantitativos, além da promoção do processo associado ao nível sigma atingido e a melhoria substancial da performance quanto a recursos, atividades de conversão e fluxos (HAN et al., 2008).

### **3 MÉTODO DE PESQUISA**

O método de pesquisa utilizado foi o estudo de caso, para identificar se as empresas de construção civil aplicam os princípios *Lean* em conjunto com a metodologia do Six Sigma. Espera-se observar se algumas ações implantadas visando identificar se a Gestão da Qualidade pode se aproximar da aplicação LSS. Desse modo, foi elaborado um questionário que adaptou conceitos dos documentos do SiAC (Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas e Serviços e Obras) (PBQP-H, 2013) e embasamentos teóricos captados durante a revisão da literatura. A utilização do SiAC como norteador do questionário visou adaptar o ciclo DMAIC à realidade da maioria das empresas construtoras que aplicam o gerenciamento da qualidade, conforme Apêndice A. Os itens presentes no SiAC foram traduzidos para questões presentes no questionário e posteriormente encaixadas nas etapas pertinentes do ciclo DMAIC.

Também, foram adicionadas diversas questões e até mesmo reinterpretadas com o intuito de incrementar os tópicos do ciclo de melhoria contínua da LSS. As reinterpretações foram realizadas por meio de pequenas modificações nos textos, visto que o documento do SiAC não apresenta, diretamente, características do LSS. Portanto, buscou-se adaptar os itens apresentados no SiAC para o questionário de gestão de melhoria contínua por meio do DMAIC.

Desse modo, construiu-se um modelo de avaliação com 74 questões, sendo elas

divididas da seguinte maneira: 17 questões na fase “Definir”; 14 questões na fase “Medir”; 7 questões na “Analisar”; 12 questões na “Incrementar”; e 24 na fase “Controlar”. Os itens abordados buscam a avaliação da aplicação de cada uma das etapas em um contexto geral da empresa e seu canteiro de obra, e não apenas em um serviço e/ou etapa de execução. As questões presentes em cada etapa do DMAIC não sofreram nenhum tipo de ponderação, sendo assim, os valores para cada etapa são provenientes de média simples das perguntas respondidas por cada avaliador.

As questões foram respondidas por uma escala de Likert variando entre 1 e 5. O número 1 foi assinalado quando houver “completa discordância com a pergunta”; o número 5, por sua vez, deverá assinalado quando houver “completa concordância com a pergunta”. No caso de questões ainda não plenamente atendidas ou parcialmente implantadas, pode-se assinalar os números intermediários, de acordo com a interpretação do respondente.

É importante ser indicado que os questionários foram validados por meio da utilização do “Alfa de Cronbach”, sendo esse um coeficiente que busca avaliar a confiabilidade de questionários com diversos avaliadores e questões.

## 4 RESULTADOS

Foram visitadas duas empresas localizadas no interior do estado de São Paulo que possuíssem o Nível A do PBQP-H: Ribeirão Preto (Empresa A) e São Carlos (Empresa B). Foram realizados os levantamentos de dados em três obras de unidades habitacionais do Programa “Minha Casa, Minha Vida” (PMCMV), sendo que duas pertencem à uma mesma empresa e a terceira obra à segunda construtora. Em ambas as empresas, existe um setor da qualidade que está inserido sob a gerência do diretor de engenharia. Foram entrevistados dois profissionais em cada uma das empresas que possuíam relacionamento com o Setor de Qualidade. O Quadro 1 resume as informações das empresas e obras visitadas. Por ter sido um estudo exploratório, a etapa da obra não foi considerada como característica essencial para o desenvolvimento do estudo.

Quadro 1 – Características das empresas avaliadoras

Empresa	Sede	Obra	Avaliadores / respondentes	Formação
A	Ribeirão Preto	Ribeirão Preto	Analista da Qualidade (AQ-A)	Engenheira Civil
			Analista da Produção (AP – A)	Engenheiro de Produção
B	São Carlos	Ibaté	Coordenadora da Qualidade (CQ – B)	Engenheira Civil
			Engenheira Trainee (ET – B)	Engenheira Civil

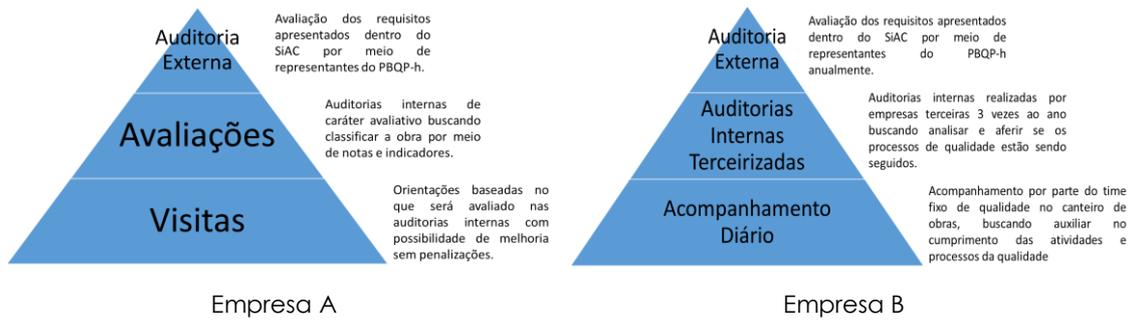
Fonte: Os autores

As empresas possuem metodologia de acompanhamento e controle do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) que pode ser representada por meio de três diferentes níveis, conforme Figura 1.

Os respondentes do questionário foram os profissionais descritos no Quadro 1. A Figura 2 apresenta as avaliações dos colaboradores da Empresa A.

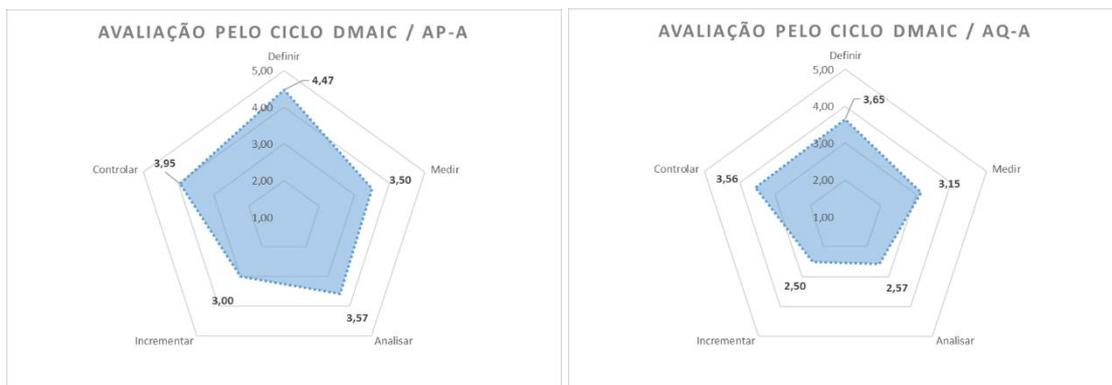
A Figura 3 apresentada indica os resultados das avaliações realizadas pelas duas profissionais avaliadoras da Empresa B.

Figura 1 – Diferentes níveis de avaliação da qualidade da Empresa A



Fonte: Os autores

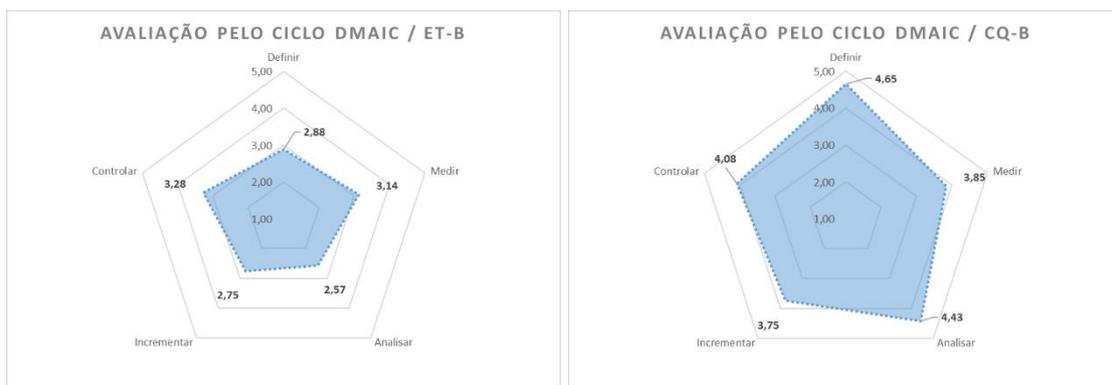
Figura 2 – Fases e questões do DMAIC da Empresa A



Fonte: Os autores

É possível analisar que o item “Definir” apresentou as maiores notas (4,47 e 3,65), demonstrando a preocupação da empresa e/ou funcionário em estabelecer e padronizar em um bom patamar as atividades de gerenciamento. Já o item “Incrementar” que apresentou as menores notas (3,00 e 2,50) pode ser compreendido novamente a necessidade de aplicação de uma nova mentalidade de melhoria de processos e não apenas controle destes.

Figura 3 – Fases e questões do DMAIC da Empresa B



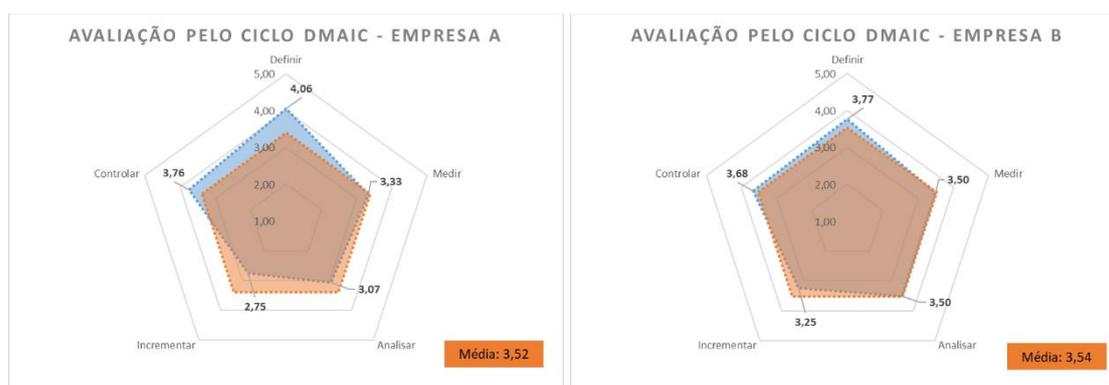
Fonte: Os autores

Observa-se que a alta nota da fase de “Definir” (4,65) pela Coordenadora da Qualidade indica a eficiência da empresa de entender e se programar para a realização de suas atividades. Também a avaliação positiva por parte de ambas as avaliadoras na fase de “Controlar” (3,28 e 4,08) indicam a

capacidade da organização de controlar e gerenciar os processos implementados. Novamente, as notas de "Incrementar" (2,75 e 3,75) indicam a deficiência das empresas de desenvolverem práticas de melhoria contínua.

Por fim, apresentam-se os dados comparativos dos avaliadores de cada empresa, no qual a Figura 4 ilustra com a cor azul a média individual dos tópicos, enquanto a cor laranja informa a média geral de todos os indicadores.

Figura 4 – Avaliação média das empresas por meio dos parâmetros do DMAIC



Fonte: Os autores

Pode-se avaliar que as ações de melhoria ("Incrementar") (2,75 e 3,25) não estão tão presentes nas atividades das companhias. Também pode ser analisado que a fase de definição ("Definir") dos projetos e atividades das construtoras já estão mais bem estruturados (4,06 e 3,77) com as necessidades atuais para o atendimento dos processos estabelecidos internamente. Cabe indicar que a avaliadora CQ-B elevou um pouco a média da Empresa B em relação à Empresa A, como era esperado devido sua experiência mais consolidada no setor da Qualidade. Esta profissional é a responsável por centralizar as decisões frente à empresa, possuindo conhecimento de todas as etapas da gestão da qualidade na empresa.

Por fim, é importante ressaltar que os questionários respondidos pelos quatro avaliadores foram considerados como um único grupo de respostas, ainda que relacionados com empresas diferentes, resultaram em um *Alfa de Cronbach* de 0,95, considerado alto, garantindo a confiabilidade das respostas, avaliando a consistência interna das respostas entre si de um questionário que objetiva avaliar um mesmo parâmetro, concluindo sobre a coerência dos avaliadores

## 5 CONCLUSÕES

Pode-se concluir que as empresas, de acordo com a pesquisa empírica realizada com responsáveis pelo gerenciamento da qualidade, apresentaram algumas deficiências na aplicação de ações voltadas para o desenvolvimento qualitativo contínuo da empresa como um todo. Contudo, em relação ao autoconhecimento de suas necessidades e procedimentos, as empresas apresentaram boas notas, demonstrando o estabelecimento concreto de seus processos, a fixação de atividades rotineiras nas obras, destacando o gerenciamento efetivo da qualidade nas empresas. Os resultados parciais possibilitaram o entendimento de que as empresas possuem aderência ao LSS,

além de apontar pontos de melhoria e de expectativas de resultados.

Por ser uma pesquisa piloto, espera-se fazer outras avaliações em mais empresas, buscando-se dados comparativos. Espera-se também promover uma divulgação da aplicabilidade do *Lean Six Sigma* na construção civil, a fim de ampliar a conscientização do método e entender as deficiências e pontos positivos de cada empresa segundo a abordagem. Entende-se que poucas são as empresas que conseguem aplicar as diretrizes e princípios de do *Lean Six Sigma* de modo geral, no entanto o questionário pode nortear as empresas em seus desenvolvimentos internos em busca da aplicação de métodos de gerenciamento contínuo da qualidade.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## REFERÊNCIAS

- ABOELMAGED, M. G. Six Sigma quality: a structured review and implications for future research. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 27, n. 3, p. 268–317, 2010.
- ALDOWAISAN, T.; NOURELFATH, M.; HASSAN, J. Six Sigma performance for non-normal processes. **European Journal of Operational Research**, v. 247, n. 3, p. 968–977, 2015.
- ALVES, T. D. C. L.; MILBERG, C.; WALSH, K. D. Exploring lean construction practice, research, and education. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 19, n. 5, p. 512–525, 2012.
- BEHARA, R. S.; FONTENOT, G. F.; GRESHAM, A. Customer satisfaction measurement and analysis using six sigma. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 12, n. 3, p. 9–18, 1995.
- BERR, L. R.; FORMOSO, C. T. Método para avaliação da qualidade de processos construtivos em empreendimentos habitacionais de interesse social. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 2, p. 77–96, 2012.
- DAKHLI, Z.; LAFHAJ, Z.; BOS, A. Experiencing Lean Six Sigma in the French residential construction: Setting effective performance indicators to address client satisfaction. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 7, n. 4, p. 346–368, 2016.
- HAN, S. H. et al. Six Sigma-based approach to improve performance in construction operations. **Journal of Management in Engineering**, v. 24, n. 1, p. 21–31, 2008.
- HARRY, M.; SCHROEDER, R. **Six Sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations**. Crown Business, 2006.
- HERAVI, G.; JAFARI, A. Cost of quality evaluation in mass-housing projects in developing countries. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 140, n. 5, 2014.
- ISA, M. F. M.; USMEN, M. Improving university facilities services using Lean Six Sigma: a case study. **Journal of Facilities Management**, v. 13, n. 1, p. 70–84, 2 fev. 2015.
- MARZAGÃO, D. S. L.; CARVALHO, M. M. Critical success factors for Six Sigma projects. **International Journal of Project Management**, v. 34, n. 8, p. 1505–1518, 2016.
- NAIR, A. Meta-analysis of the relationship between quality management practices and firm performance-implications for quality management theory development. **Journal of Operations Management**, v. 24, n. 6, p. 948–975, 2006.
- PROGRAMA BRASILEIRO DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT (PBQP-H). **Sistema de Avaliação da Conformidade de Serviços e Obras (SiAC)**. Brasília 2013.

Disponível em: <<http://pbqp-h.mdr.gov.br/>> Acesso em: 15 mai. 2020.

TEZEL, A.; KOSKELA, L.; AZIZ, Z. Current condition and future directions for lean construction in highways projects: A small and medium-sized enterprises (SMEs) perspective. **International Journal of Project Management**, v. 36, n. 2, p. 267–286, 2018.

**APÊNDICE A – Questionário desenvolvido com base no ciclo DMAIC (versão simplificada)**

<b>Definir</b>	<b>Incrementar</b>
Definição das equipes pertinentes ao SGQ	Implementação de feedback interno
Definição das atividades críticas para a Q	Implementação de feedback externo
Definição dos materiais críticos para a Q	Treinamento de pessoal
Definição dos equipamentos críticos para a Q	Melhoria da forma de documentação
Definição dos clientes internos	Implementação de ações para prevenir erro humano
Definição dos clientes externos	
Definição das metas a serem alcançadas	Programa de seleção e qualificação de fornecedores de materiais e equipamentos
Definição de prazos para o alcance das metas	Retroalimentação do planejamento das etapas, atividades e operações
Identificação das entradas requeridas do processo	Busca da simplificação das atividades
Definição prévia de atividades especializadas	Redução da variabilidade dos serviços
Identificação das necessidades do cliente final	Desenvolvimento de Poka-yoke
Identificação das saídas esperadas do processo	Melhoria das condições de alojamento
Planejamento do canteiro de obras	Sistema de incentivos na empresa
Planejamento formal das etapas de produção	
Planejamento das etapas de execução por meio da produção puxada	<b>Controlar</b>
Planejamento da entrega dos materiais e gerenciamento de estoques (suprimentos)	Realização de projetos executivos com Building Information Modeling (BIM)
Planejamento de atividades e operações com o respectivo dimensionamento das equipes	Uso de tecnologias de informação para controle da comunicação
<b>Mensurar</b>	Engajamento de pessoas com o SGQ
Indicadores sustentáveis da obra	Comunicação sobre a aplicação do SGQ
Controle da qualidade dos serviços	Gerenciamento visual implantado
Medição de serviços executados por meio de indicadores bem definidos	Especificações técnicas documentadas para compra de produtos
Medição das atividades terceirizadas	Documentação organizada do SGQ
Medição dos tempos de ciclo das atividades por meio de indicadores bem definidos	Manutenção preventiva dos materiais e equipamentos
Controle e monitoramento dos servidores de serviço e materiais	Realização de auditorias internas para controle da Q
Medição particularizada de atividades especializadas	Diretrizes de projeto e padronização de componentes e de detalhes construtivos
Medição do grau de satisfação do cliente	Avaliação constante do SGQ
Medição do desempenho e eficácia do SGQ	Controle do recebimento dos materiais
Simulação computacional das atividades e fluxos	Controle das aprovações dos serviços
Gerenciamento de estoques (suprimentos)	Confecção e manutenção de Manual da Q
Controle tecnológico dos materiais produzidos em obra	Controle do armazenamento de materiais e equipamentos
Sistema formal de avaliação do grau de satisfação do cliente pós-ocupação	Padronização de procedimentos para elaboração de orçamentos
Avaliação de desempenho de recursos humanos	Controle e compatibilização dos projetos
<b>Analisar</b>	Realização de projeto "As Built"
Seleção e avaliação de projetistas	Controle do transporte de materiais
Análise das causas dos problemas de execução	Programa de segurança no trabalho
Análise estatística dos serviços da obra	Padronização de critérios para a vistoria e entrega da obra
Análise estratégica dos problemas	Manual do usuário
Análise dos resíduos líquidos e sólidos da obra	Serviço de assistência técnica pós-entrega
Análise dos indicadores de sustentabilidade	Critérios para contratação de pessoal
Análise e avaliação dos fornecedores	

SGQ – Sistemas de Gestão da Qualidade / Q – Qualidade / Fonte: Os autores