

**PROGRAMA DE MELHORIA BASEADO NA METODOLOGIA
LEAN SEIS SIGMA: UMA PROPOSTA EM UM PROCESSO
PRODUTIVO DE CHAPAS DE GRANITO
IMPROVEMENT PROGRAM BASED ON *LEAN SIX SIGMA*
METHODOLOGY: A PROPOSAL IN A PRODUCTION PROCESS OF
GRANITE SLABS**

Willian Almeida Nico¹; Thays Oliveira Feu²; Wellington Gonçalves³; Thiago Padovani Xavier⁴

1. Graduado em Engenharia de Produção. UFES. São Mateus, ES. wnicobr@hotmail.com
2. Graduanda em Engenharia de Produção. UFES. São Mateus, ES. thaysoliveira7.to@gmail.com
3. Doutor em Engenharia de Produção. UFES. São Mateus, ES. wellington.goncalves@ufes.br
4. Doutor em Engenharia de Química. UFES. São Mateus, ES. thiago.p.xavier@ufes.br

Recebido em: 28/11/2017 - Aprovado em: 08/12/2017- Disponibilizado em: 25/04/2018

RESUMO: Os mercados estão cada vez mais competitivos, e a fidelidade dos clientes cada vez mais disputada. Com isso, as empresas que almejam um crescimento necessitam estar comprometidas em satisfazer as necessidades dos seus clientes com um nível satisfatório de qualidade percebido pela demanda. Nesse contexto, a busca pela conformidade de seus produtos pode ser apontada como uma das principais premissas que o mercado tem indicado. Este estudo tem como objetivo propor a implementação de melhorias baseadas na metodologia Seis Sigma integrada ao pensamento Lean aplicável ao processo produtivo de chapas de granito em uma MPE de beneficiamento, assim, é proposto um programa de melhoria com foco na redução do tempo de ciclo de exportação. Para atingir o objetivo proposto, houve o emprego de um enfoque combinado da pesquisa (natureza qualitativa e quantitativa), para tanto, foi utilizado o método de estudo de caso como procedimento técnico. Os resultados permitiram o mapeamento de distorções no cycle time total de produção, e, com isso, as informações podem auxiliar na redução da variabilidade dos processos, e conseqüente redução de tempos e minimização de custos.

PALAVRAS-CHAVE: Lean. Seis sigma. Beneficiamento de granito. DMAIC.

ABSTRACT: Markets are increasingly competitive, and customer loyalty increasingly disputed. With this, companies that aims to growth need to be committed to meet the needs of its customers with a satisfactory level of quality perceived by demand. In this context, the search for the conformity of its products can be considered one of the main assumptions that the market has indicated. This study aims to propose the implementation of improvements based on the methodology Six Sigma integrated Lean thinking to apply to the production process of granite slabs in a processing MPE thus a focus with improvement program is proposed to reduce the cycle time export. To achieve this purpose, there was the use of a combined approach to research (qualitative and quantitative), therefore, we used the case study method as a technical procedure. The results allowed the mapping of distortions in the cycle full production team, and, therefore, the information can help reduce the variability of processes and consequent reduction of time and cost minimization.

KEYWORDS:Lean. Six Sigma. Graniteprocessing.DMAIC.

1. INTRODUÇÃO

Em 2014 as exportações brasileiras de rochas ornamentais e de revestimento totalizaram US\$ 1,28 bilhão, correspondentes a um volume físico comercializado de 2,55 bilhões de toneladas, as rochas processadas, tanto simples (produtos de ardósia, quartzitos foliados, pedra morisca, etc.), quanto especiais (chapas de granito, mármore e pedra-sabão, lajotas serradas, etc.), compuseram 79,31% do faturamento, e 51,16% do total do volume físico exportado (ABIROCHAS, 2014).

Desta forma, os mercados estão cada vez mais competitivos, e a fidelidade dos clientes cada vez mais disputada. Com isso, as empresas que almejam um crescimento necessitam estar comprometidas em satisfazer as necessidades dos seus clientes com um nível satisfatório de qualidade percebido pela demanda, disponibilizando o produto certo, na quantidade certa, no local certo (destino), no tempo certo e ao custo mínimo (TEIXEIRA et al., 2014).

Entretanto, dentro deste cenário, encontram-se as Micro e Pequenas Empresas (MPE) que desempenham um papel importante na distribuição de produtos (SEBRAE; DIEESE, 2012). Para que isto seja possível, as MPE precisam utilizar ferramentas e metodologias gerenciais, que possam minimizar o desperdício de recursos, de forma que não ocorram falhas. A busca

por zero defeito pode ser apontada como uma das principais premissas que o mercado tem indicado, sendo destacada a metodologia *Lean Seis Sigma* como a mais empregada (RUTHES et al., 2006).

Neste sentido, Silva et al. (2011), enfatizam que a integração do pensamento *Lean ao Seis Sigma* pode otimizar resultados, aumentando a eficácia de ambas metodologias, possibilitando uma maior amplitude da visão gerencial.

Esta pesquisa tem como objetivo propor a implementação de melhorias baseadas na metodologia *Seis Sigma* integrada ao pensamento *Lean* aplicável ao processo produtivo de chapas de granito em uma MPE de beneficiamento localizada na microrregião noroeste do Estado do Espírito Santo.

2. LEAN SEIS SIGMA

O pensamento *Lean*, ou como é traduzido no Brasil, pensamento enxuto, é uma iniciativa aliada a uma estratégia de negócios para aumentar a satisfação dos clientes por meio da melhor utilização dos recursos e melhoramento contínuo dos processos de produção. Portanto, o objetivo do Pensamento *Lean* é reduzir as atividades que não agregam valor e absorvem recursos, eliminando o desperdício e assim alavancar a sua posição competitiva.

Para Womack e Jones (2004), o pensamento *Lean* se propõe a fazer cada vez mais, com cada vez menos (menos recursos, menos tempo, menos espaço).

Seis Sigma é uma estratégia gerencial quantitativa que se baseia em filosofias, ferramentas e técnicas que tem como objetivo, por meio da melhoria da qualidade dos produtos, processos, serviços e do aumento da satisfação de clientes e consumidores, aumentar de forma rápida a eficácia e a eficiência ao mesmo tempo, como forma de amplificar a lucratividade das empresas.

O termo *Seis Sigma* define uma medição da qualidade: 3,4 defeitos por milhão de unidades produzidas, em outras palavras, 99,99966% de perfeição. Na definição da própria ISO 9000:2015, um defeito é o não atendimento de um requisito pré-estabelecido, ou seja, uma não conformidade de um serviço ou de um produto que ocasione a insatisfação do cliente. Quanto menor o valor do desvio padrão que uma organização puder atingir em seus produtos, melhor será o processo, pois uma menor quantidade deles terá defeitos e conseqüentemente reduziria custos.

Para Pande et al. (2001), é um sistema abrangente e flexível para alcançar, sustentar e maximizar o sucesso empresarial. *Seis Sigma* é singularmente impulsionado por uma estreita

compreensão das necessidades dos clientes, pelo uso disciplinado de fatos, dados e análise estatística e a atenção diligente à gestão, melhoria e reinvenção dos processos de negócios.

A intenção da metodologia *Seis Sigma* é criar valor por intermédio da melhoria e inovação em cada setor e parte do princípio que se todos os defeitos forem identificados e corrigidos durante o processo de fabricação, estatisticamente é improvável que o produto final venha a apresentar novos erros (GUPTA, 2004).

Segundo Carvalho e Paladini (2005), um benefício importante que está inserido na metodologia *Seis Sigma* é o método DMAIC, que consiste em ferramentas estatísticas clássicas, organizadas em métodos de solução de problemas de engenharia, denominado na indústria de 8P, MASP, etc.- derivados do PDCA e desenvolvimento de projetos de melhoria, que pode ser aplicado com referência no âmbito organizacional. Passa por cinco fases: “Definir” (Define – D), “Medir” (Measure – M), “Análise” (Analyze – A), “Melhoria” (Improve – I) e “Controle” (Control – C).

Na fase definir (*define*) é necessário identificar as Características Críticas para a Qualidade (CTQ – *Critical To Quality*) de acordo com a voz do cliente, e em seguida a equipe deve mapear os processos críticos procurando relacioná-los com os CTQ’s (ANTONY et al., 2012).

Com relação a fase medir (*measure*) a equipe deverá desenhar os processos e subprocessos relacionados aos CTQ’s e definir as entradas e as saídas a fim de realizar um mapeamento que facilite a visualização. Em seguida deve ser desenvolvido um plano de coleta de dados que descreva como coletá-los de maneira que haja um conjunto apropriado de dados a serem analisados (WERKEMA, 2011).

Na metodologia a fase analisar (*analyze*) é muito importante, devido a análise dos dados coletados, em que se procura identificar quais são as causas óbvias, e não evidentes das falhas. Para tanto, são utilizadas além das ferramentas clássicas da qualidade, são utilizadas ferramentas estatísticas. E, neste contexto, a utilização de softwares estatísticos é indispensável, por facilitar os cálculos, e os traduzir por meio de gráficos (KARANDIKAR et al., 2014).

As melhorias no processo existente devem ser realizadas na fase melhorar (*improve*), com isso, a equipe tendo por base a análise dos dados, deve estudar cuidadosamente o local e como irá realizar as intervenções. Nessa ocasião, a fim de aumentar as possibilidades de melhorias, podem ser utilizados conceitos de produção enxuta (CARVALHO; PALADINI, 2006). Ainda

nesta fase, deve-se realizar uma verificação das metas atingidas, tendo também como objetivo a obtenção do cálculo no novo nível *sigma* do processo melhorado (WERKEMA, 2011).

Na fase controlar (*control*) é realizado a manutenção da melhoria obtida para que ela se mantenha. Um sistema de medição e controle deve ser estabelecido, e validado repassando-o a quem o utiliza em suas atividades (KUMARAVADIVEL; NATARAJAN, 2013).

Para Arnheiter e Maleyeff (2005) *Lean* e *Seis Sigma* implementam uma cultura de melhoria contínua em todos os níveis dentro da organização. A vantagem do uso integrado reside na abordagem científica e quantitativa de qualidade fornecida pelo *Seis Sigma*, em relação às técnicas do *Lean*. Snee (2010) enumerou oito características-chaves que contribuem para o desempenho ao se aplicar sinergicamente *Lean* e *Seis Sigma*: criam resultados financeiros, ativam o envolvimento da alta liderança, usa uma abordagem disciplinada (DMAIC), projetos são finalizados rapidamente, definição clara de sucesso, infraestrutura humana criada (*belt's*), foco nos clientes e nos processos e o uso de uma abordagem estatística.

Já para Montgomery (2010) projetos de melhoria *Lean* podem ser gerenciados usando o DMAIC. O mesmo autor defende o uso do *Seis Sigma* e do *Lean* como um modelo que resgata a filosofia de melhoria contínua e o sistema de conhecimento profundo proposto por Deming.

Os dois programas têm como objetivo aumentar diretamente a lucratividade da empresa.

O *Seis Sigma* tem um foco em qualidade, em diminuir a variação dos processos, enquanto o *Lean* possui foco no aumento da produtividade reduzindo os desperdícios e melhorando o fluxo de trabalho. Melhorar a qualidade também leva a uma melhor produtividade, mas o inverso nem sempre é verdadeiro.

3. PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DE GRANITO

No processo de beneficiamento de granito a aquisição de matéria-prima é iniciada com uma visita ao local de extração do granito, em seguida, dentro da empresa o bloco é lavado, estocado e serrado em placas com espessuras entre 2 e 3 cm (Figura 1).

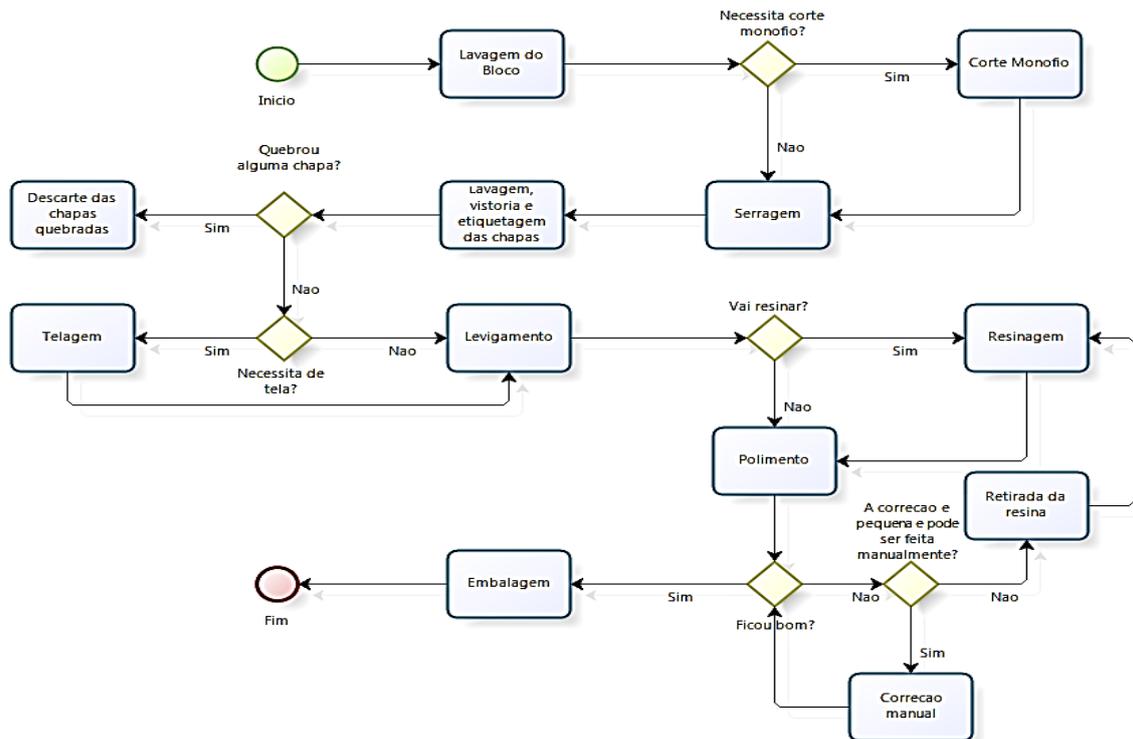


Figura 1 - Fluxograma do beneficiamento do granito.
Fonte: Autores, 2013.

A serragem é realizada por meio da ação combinada de lâminas de aço, e da mistura abrasiva constituída de água, cal e granalha metálica, distribuída por intenso gotejamento sobre o bloco. O tempo de processamento é concretizado no mínimo em três dias ininterruptos, envolvendo controles acurados da lama abrasiva, envolvendo a viscosidade, densidade, e concentração do abrasivo, além da velocidade vertical (avanço) e horizontal das lâminas, no caso de falhas no processo que ocasionem danos que prejudiquem o uso da chapa, as mesmas são descartadas.

Após o processo de serragem, as chapas são retiradas e lavadas, e, em seguida estocadas até entrarem novamente na linha de produção. Caso haja algum risco de ruptura, as chapas são encaminhadas para a telagem, momento que são fixadas telas de fibra na parte posterior, seguindo para o levigamento, havendo uma diminuição da espessura das chapas, com o objetivo de criar superfícies plana e paralelas.

Na sequência, uma secagem é realizada, para que haja uma melhor penetração da resina, sendo depois, concretizada uma resinagem.

Por meio de um polimento, é produzido o desbaste fino da chapa, e o fechamento dos grãos minerais, criando uma superfície lisa e brilhosa, mais impermeável que a da face natural da

rocha original. Ao término desta etapa a chapa passa por uma vistoria, em que o produto final é classificado, como primeira ou segunda qualidade, finalizando o processo, as chapas são despachadas, sendo acomodadas em cavaletes, e na sequência, seguem para os clientes.

4. MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA

Ferramentas, técnicas e métodos são elementos definidos na literatura que possuem diversos significados distintos para cada termo. Ferreira (1997) obteve em suas pesquisas que as ferramentas seriam “qualquer utensílio empregado nas artes e ofícios” ou “instrumento”. A técnica por sua vez seria “a parte material ou o conjunto de processos de uma arte”, “maneira, jeito ou habilidade especial de executar ou fazer algo” ou “prática”. Já o método é o “programa que regula previamente uma série de operações que se devam realizar, apontando erros evitáveis, em vista de um resultado determinado”; “processo ou técnica de ensino” ou “modo de proceder, maneira de agir”. Tendo-se visto estes vários conceitos após a realização de um levantamento da literatura, foram identificados pontos relevantes sobre *Lean Six Sigma*, relacionados ao tema da pesquisa, sendo empregados como embasamento teórico do método proposto.

Com relação ao nível de aprofundamento, o trabalho enquadra-se como um estudo de caso (caso prático), por fornecer informações-chave, que poderão servir de base para o estabelecimento das questões de avaliação e dos métodos de investigação (VOSS et al., 2002; MIGUEL et al., 2012).

O presente trabalho possui enfoque combinado, pois utiliza dados de natureza qualitativa para responder ou aperfeiçoar questões de pesquisa, assim como, preocupa-se, com aspectos da realidade, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais baseando-se em dados qualitativos (GIL, 2007; GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Por objetivar gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos, além de envolver verdades e interesses locais, quanto à natureza a pesquisa pode ser classificada como aplicada (LAKATOS; MARCONI, 2003; GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Uma entrevista semiestruturada foi empregada para a coleta de dados, utilizando-se de argumentos antecipadamente desenvolvidos, contidos no protocolo de pesquisa, sendo efetivada com o gerente de produção de uma MPE de beneficiamento de granito, localizada

na microrregião noroeste do Estado do Espírito Santo, por meio de uma pesquisa *survey*, havendo o emprego de um questionário estruturado, realizado entre agosto de 2012 e fevereiro de 2013. Desde a realização da *survey* até a data da submissão deste trabalho, não foram registradas ocorrências de importantes melhorias, que justificassem um relato específico.

Outra fonte de evidência utilizada neste trabalho, foi a observação direta, por meio de 4 visitas a MPE, com duração aproximada de duas horas, o que permitiu ampliar as fontes de observação.

Na sequência, foi elaborada a proposta de melhoria baseada na metodologia *Seis Sigma* integrando o pensamento *Lean*, tendo por base os dados coletados, considerando as fontes de evidências mencionadas.

5. PROPOSTA DE MELHORIA BASEADA NA METODOLOGIA SEIS SIGMA INTEGRANDO O PENSAMENTO LEAN

Inicialmente foram coletados dados na MPE, sendo os mesmos listados, relacionando-os com suas implicações diretas no tripé prazo, custo, qualidade (Figura 2), caracterizando a fase definir do DMAIC.

Com relação ao prazo, foram identificados como os principais problemas a ausência de pontes rolantes, falhas nos processos de telagem e resinagem, chapas empenadas, alto índice de retrabalho no polimento, ausência de controle da temperatura do forno e da pressão da câmara de vácuo, falta de indicadores e controle dos processos (produtivo e operacional), tempo excessivo de carregamento de container, devido à falta de gerenciamento da movimentação de carretas, carência de treinamento, e a ausência de programação e controle da produção.

Os principais problemas levantados relacionados aos custos foram às falhas detectadas no processo de produção, armazenamento e distribuição, tendo em todos um excessivo índice de retrabalho, o que também indicou uma carência de treinamento.

A ausência de controle da temperatura do forno, e da pressão da câmara de vácuo, assim como, resinagem fora de padrão aceitável pelo mercado, ausência de indicadores nos processos, e carência de treinamento, podem ser apontados como os problemas mais impactantes na qualidade na fase definir do DMAIC.

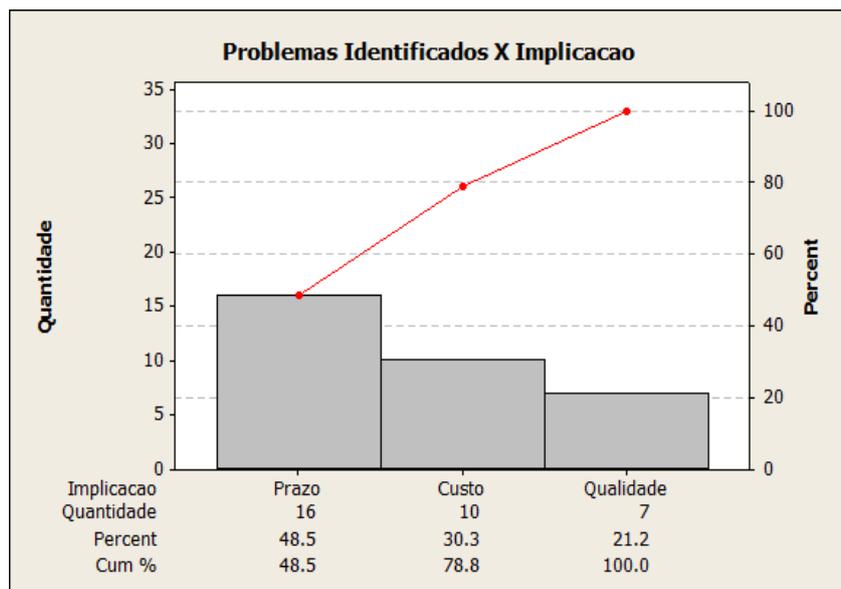


Figura 2 - Gráfico de Pareto
 Fonte: Autores, 2013.

Em seguida, na fase medir, a partir da definição da oportunidade de negócio, foi realizada uma segmentação das necessidades do cliente, com isso, os itens que fossem considerados críticos para a qualidade (CTQ) foram utilizados para definir um indicador que o expressasse (QUADRO 1).

Cliente	Necessidade	CTQ	Indicador
<i>Cientes no exterior</i>	Entregas mais rápidas	Prazo	<i>Lead Time</i>
<i>Departamento de vendas</i>	Prazos de produção menores para facilitar e aumentar as vendas	Prazo de produção	<i>Cycle Time</i> de produção
<i>Setor do tear</i>	Corte bem feito pelo monofio	Prazo	Tempo de Serragem
<i>Telagem</i>	Métodos e equipamentos eficazes para o processo de telagem	Prazo	<i>Cycle Time</i> de telagem
<i>Levigamento</i>	Serragem bem-feita, sem chapas empenadas	Confiabilidade no Processo, Prazo	Número de chapas para retrabalho, <i>Cycle Time</i> de levigamento
<i>Resinagem</i>	Resina de boa qualidade, quantidade correta de resina aplicada	Confiabilidade no Processo, Prazo	Número de chapas para retrabalho, <i>Cycle Time</i> de resinagem
<i>Polimento</i>	Abrasivos de boa qualidade e bem posicionados, habilidade do operador	Confiabilidade no Processo, Prazo	Número de chapas para retrabalho, <i>Cycle Time</i> de polimento

Quadro 1 - Desdobramento da voz do cliente
 Fonte: Autores, 2013.

Com base nestas informações, o escopo do projeto foi definido como: o tempo de ciclo elevado da empresa interfere negativamente em seu crescimento. A partir destas premissas levantadas, foi proposta uma meta de redução do tempo de ciclo em 20%, tendo com isso, uma previsão de *saving* de R\$ 1.000.000/ano.

A fim de melhor visualizar e compreender os processos de forma a relacioná-los com os CTQs, foram utilizadas as ferramentas de fluxograma, SIPOC (*Suppliers-Inputs-Process-Outputs-Costumers*) e mapa de processo. Em seguida foi desenvolvido um plano de coleta de dados, com o objetivo de obter elementos apropriados ao objetivo da proposta.

Com a finalidade de buscar uma confiabilidade na obtenção dos dados, foi considerada que a troca de turno ocorre com um intervalo de uma e três horas, com isso, se um colaborador do outro turno assumir uma atividade não finalizada no turno anterior, quando este registrar o horário de conclusão, estará incluindo o tempo de troca de turno, além das paradas do equipamento, tanto para manutenção, quanto por falhas.

Com relação à capacidade efetiva, os dados foram caracterizados quanto ao nível de *sigma* e testados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965).

A partir destas premissas, a análise dos processos da MPE apresentou:

(a) Retrabalho no Levigamento: 15864 chapas passaram pelo processo de levigamento, tendo 719 ocorrências de algum retrabalho, proporcionando um índice de 4,53% de resserviços.

(b) *Cycle Time* de Serragem como observado na figura 3a, foi de $72,53 \pm 7,68$ horas, podendo ser caracterizado como uma distribuição normal, tendo um *p-value* foi superior a 0,05. Tendo ainda os limites de especificação iguais a 60 e 85 horas, e um índice Cpk igual a 0,68 obtido pelo teste de capacidade, resultando em um *sigma* igual a 2,04.

(c) Retrabalho no Polimento: No período analisado, 13154 chapas passaram pelo processo de polimento, contudo, 1424 unidades precisaram algum tipo de retrabalho, retornando um índice de aproximadamente 10,83%.

(d) *Cycle Time* de Telagem como observado na figura3b, foi de $4,14 \pm 0,87$ minutos, apresentando-se ainda como uma distribuição normal, devido ao *p-value* superior a 0,05. É ainda apresentado, limites de especificação iguais a 2 e 6 minutos, e teste de capacidade com um índice Cpk igual a 0,72 e, um *sigma* igual a 2,13.

(e) *Cycle Time* de Levigamento foi de $2,39 \pm 0,65$ minutos (Figura3c). Trata-se de uma distribuição normal, pois o *p-value* foi superior a 0,05. Sendo os limites de especificação iguais a 1,5 e 3,5 minutos, pelo teste de capacidade tem-se um índice Cpk igual a 0,48 e, um *sigma* 1,44 para este processo.

(f) *Cycle Time* de Resinagem como observado na figura 3d, foi de $8,62 \pm 4,39$ minutos. Não se trata de uma distribuição normal, pois o *p-value* foi inferior a 0,05. Isto pode ser decorrente do fato que no período de coleta da amostragem, o equipamento de resinagem passou por diversas paradas devido a falhas, o que pode acarretar o aumento do desvio padrão. Sendo os limites de especificação iguais a 2 e 10 minutos, pelo teste de capacidade tem-se um índice Cpk igual a 0,18 e, um *sigma* 0,54 para este processo.

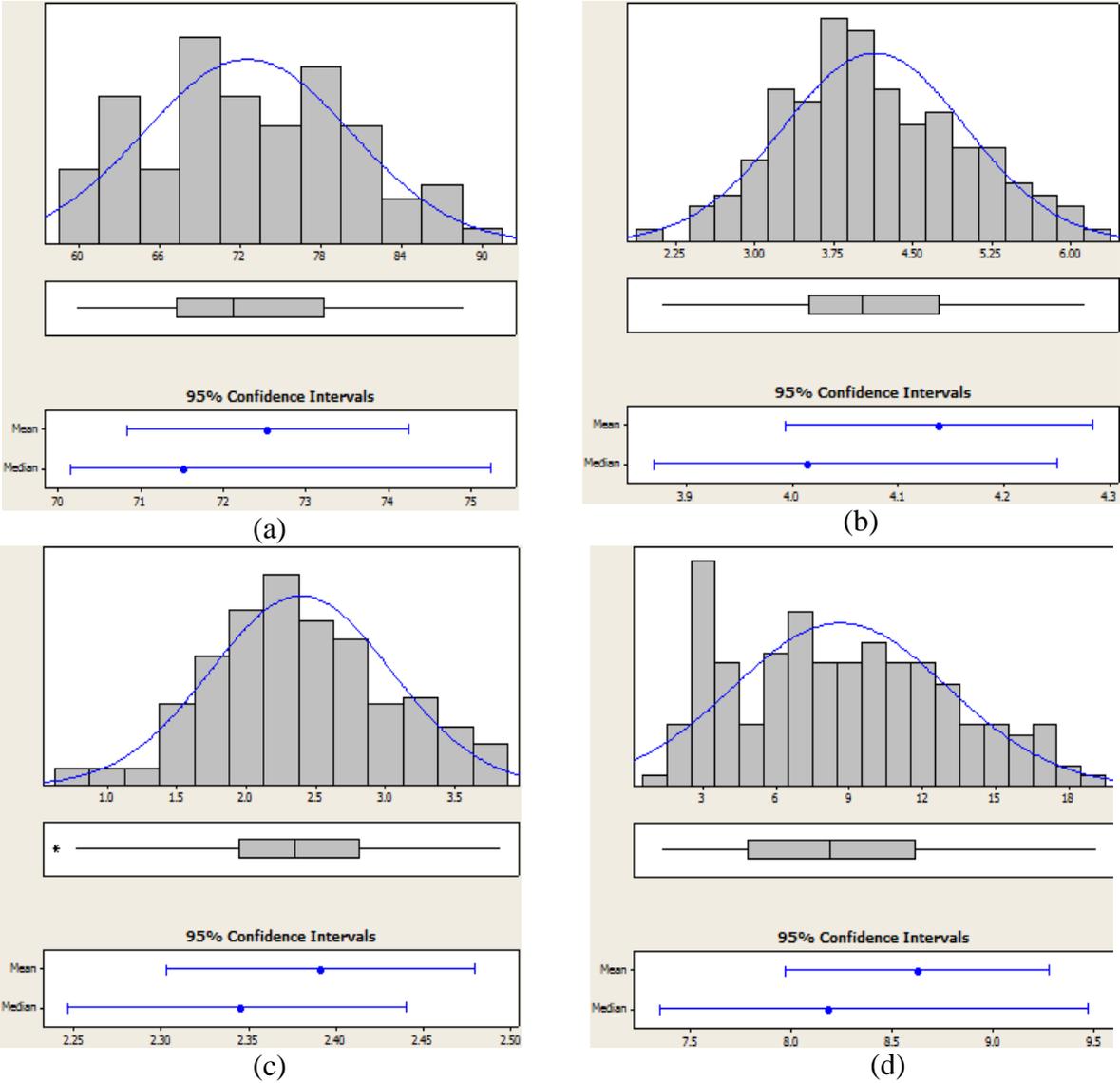


Figura 3 - Sumário da distribuição de frequência dos dados referente às operações de: (a) Serragem, (b) Telagem, (c) Levigamento e (d) Resinagem.

Fonte: Autores, 2013.

(g) *Cycle Time* de Polimento foi $5,22 \pm 1,45$ minutos (Figura4a). Trata-se de uma distribuição normal, pois o *p-value* foi superior a 0,05. Com limites de especificação iguais a 2 e 8 minutos, pelo teste de capacidade tem-se um índice Cpk igual a 0,86 e, um *sigma* 2,58 para este processo.

(h) *Cycle Time* de Produção como observado na figura 3b, foi de $11,32 \pm 5,44$ dias, considerando um lote de 300 m^2 (Figura4b). Não se trata de uma distribuição normal, pois o *p-value* foi inferior a 0,05. Isto pode ser decorrência de que o tempo de estoque em processo varia em cada lote devido à necessidade de produção. Sendo os limites de especificação iguais a 3 e 20 dias, pelo teste de capacidade tem-se um índice Cpk igual a 0,41 e, um *sigma* 1,23 para a produção.

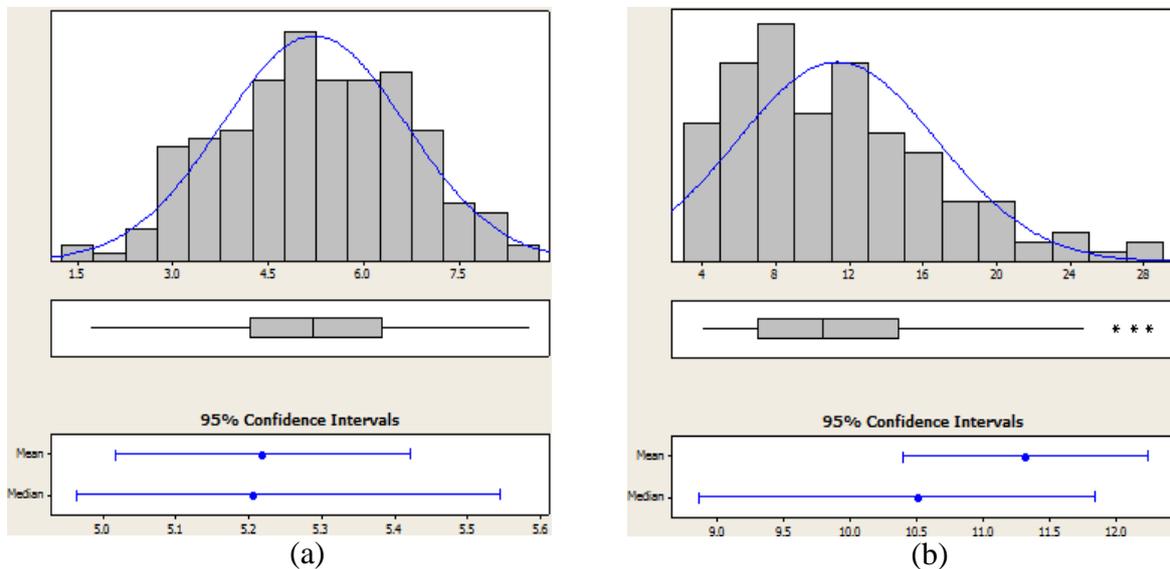


Figura 4 - Sumário da distribuição de frequência dos dados referente às operações de: (a) Polimento e (b) Tempo de produção.

Fonte: Autor, 2013.

Segundo Werkema (2011) um índice Cpk satisfatório deve ser superior a 1,33, entretanto, foi observado que todos os processos possuem seus índices Cpk inferiores a esse limite, com isso, de acordo com a definição apresentada, estes processos são considerados incapazes de atender aos limites estabelecidos pela exigência do cliente.

Na fase analisar, os indicadores de cada CTQ's (itens de a até h) medidos na fase anterior, foram analisados com o objetivo de identificar as causas raiz de variação, para tanto, foi utilizado o Diagrama de Causa e Efeito, e as possíveis causas foram relacionadas na Matriz de Causa e Efeito e Análise dos 8 Desperdícios (Figura 5).

Com os dados obtidos na fase medir, as análises realizadas utilizando a Matriz de Causa e Efeito, e realização de *Brainstorming*, as seguintes conclusões foram observadas acerca das causas raiz:

(a) A carência de treinamento foi identificada como uma causa de alto impacto, tanto em um processo isolado, como em todo sistema produtivo.

Classificação de Importância para o cliente		5	5	10	8	5	9	7	6				
Entradas do Processo	Saídas do Processo	Retrabalho no	Retrabalho no	Alto tempo de	0 → não há correlação								
		levigamento	polimento	serragem	telagem	levigamento	resinação	polimento	produção	1 → a causa afeta ligeiramente o efeito	4 → a causa afeta moderadamente o efeito	9 → a causa tem relação direta com o efeito	
										TOTAL	% Individual	% Acumulado	
1	Falta de treinamento da mão de obra	9	9	9	9	9	9	9	9	495	5,6%	5,6%	
2	Mão de obra não qualificada	9	9	9	9	9	9	9	9	495	5,6%	11,2%	
4	Sistema de medição de tempo	0	0	9	9	9	9	9	9	405	4,6%	15,8%	
5	Medição automática incorreta	9	9	9	0	9	0	9	9	342	3,9%	19,7%	
6	Trabalho repetitivo	1	4	9	9	4	9	4	4	340	3,9%	23,6%	
7	Mal funcionamento da politriz	9	9	0	0	9	0	9	9	252	2,9%	26,4%	
8	Tipo de resina errada	0	9	0	4	0	9	9	4	245	2,8%	29,2%	
9	Dosagem errada da resina	0	9	0	4	0	9	9	4	245	2,8%	32,0%	
10	Resina de baixa qualidade	0	9	0	4	0	9	9	4	245	2,8%	34,8%	
11	Chapa empenada	9	9	4	1	9	1	4	4	244	2,8%	37,5%	
12	Chapa mal serrada (com canaletas)	9	9	1	1	9	4	4	4	241	2,7%	40,3%	
13	Parâmetros mal definidos da politriz automática	9	9	0	0	9	1	9	4	231	2,6%	42,9%	
14	Abrasivo de baixa qualidade	9	9	0	0	9	1	9	4	231	2,6%	45,5%	
16	Uso de escala de abrasivos errada	9	9	0	0	9	0	9	4	222	2,5%	48,0%	
17	Uso de abrasivo errado	9	9	0	0	9	0	9	4	222	2,5%	50,6%	
18	Volume de água errado	9	9	0	0	9	0	9	4	222	2,5%	53,1%	
19	Layout não favorável	0	0	1	9	4	4	4	9	220	2,5%	55,6%	
20	Fornecimento de energia elétrica de má qualidade ou inconstante	4	4	9	1	4	1	4	4	219	2,5%	58,1%	
21	Condições insalubres de trabalho	1	1	1	9	1	9	1	4	209	2,4%	60,4%	
22	Ferramenta inadequada (aplicação de resina com rolo)	0	0	0	9	0	9	0	9	207	2,3%	62,8%	
23	Lâmina de baixa qualidade	4	4	9	0	4	0	4	4	202	2,3%	65,1%	
24	Forno com baixa eficácia e confiabilidade (garalo de produção)	0	9	0	1	0	9	4	4	186	2,1%	67,2%	
25	Método de mistura da resina não automatizado	0	4	0	4	0	9	4	4	185	2,1%	69,3%	
26	Luminosidade pouca ou insuficiente	4	9	0	0	4	1	9	4	181	2,1%	71,3%	
27	Atrasos na entrega de matéria prima	0	0	4	4	4	4	4	4	180	2,0%	73,4%	
28	Ponte rolante lenta	0	0	0	9	0	9	0	4	177	2,0%	75,4%	
29	Rolo ineficiente	0	0	0	9	0	9	0	4	177	2,0%	77,4%	
30	Falta de manutenção preventiva e preditiva	1	1	4	1	1	9	1	4	175	2,0%	79,4%	
31	Forno com alto índice de falhas	0	4	0	1	0	9	1	9	170	1,9%	81,3%	
32	Chapa mal resinada	0	9	0	0	0	4	9	4	168	1,9%	83,2%	
33	Resina mal curada	0	9	0	0	0	4	9	4	168	1,9%	85,1%	
34	Carga com muita variação de altura	1	1	9	0	1	1	1	4	145	1,6%	86,8%	
35	Método de serragem lento (com tear de lâminas)	0	0	9	0	0	0	0	9	144	1,6%	88,4%	
36	Carga mal feita (balança o bloco)	1	1	9	0	1	0	1	4	136	1,5%	89,9%	
37	Blocos disformes	0	0	9	1	1	1	1	1	125	1,4%	91,4%	
38	Bordas das chapas sem acabamento reto	1	4	4	1	1	1	4	1	121	1,4%	92,7%	
39	Granalha e cal de baixa qualidade	0	0	9	0	0	0	0	4	114	1,3%	94,0%	
40	Método de secagem das chapas	0	0	0	9	0	0	0	4	96	1,1%	95,1%	
41	Água suja	0	9	0	0	0	0	4	1	79	0,9%	96,0%	
42	Chapa úmida	0	0	0	9	0	0	0	1	78	0,9%	96,9%	
43	Tela de má qualidade	0	0	0	9	0	0	0	1	78	0,9%	97,8%	
44	Bombeamento de lama fraco	0	0	4	0	0	0	0	4	64	0,7%	98,5%	
45	Má distribuição da lama abrasiva pelos chuveiros	0	0	4	0	1	0	1	1	58	0,7%	99,2%	
46	Chapa mal lavada (com granalha)	1	4	0	0	1	0	4	0	58	0,7%	99,8%	
47	Paradas para quebras bico de lâmina	0	0	1	0	0	0	0	1	16	0,2%	100,0%	
		Total								8813	100,0%		

Figura 5 - Matriz Causa e Efeito
Fonte: Autores, 2013

(b) Não há uma definição operacional padronizada para registro dos sistemas de medição de tempo.

(c) O trabalho repetitivo pode ser apontado como um causador de desmotivação, sendo com isso apontada a queda no rendimento dos colaboradores, e lesões por esforço repetitivo.

(d) A falta de padronização na especificação de matéria-prima é outro item que necessita ser padronizado, como por exemplo, a resina que afeta diretamente a qualidade do produto final.

(e) Atrasos da produção são creditados à baixa confiabilidade do forno, que possui um grande tempo de ciclo, e maior variabilidade, com conseqüentemente menor nível *sigma*.

(f) Desperdício com setup, movimentações e estoque entre processos, que pode ser observado no alto *cycle time* de produção.

A primeira tarefa da fase melhorar consiste na geração de variadas soluções, seguida de uma priorização de soluções com base em uma matriz de seleção, que são dispostos na figura 6.

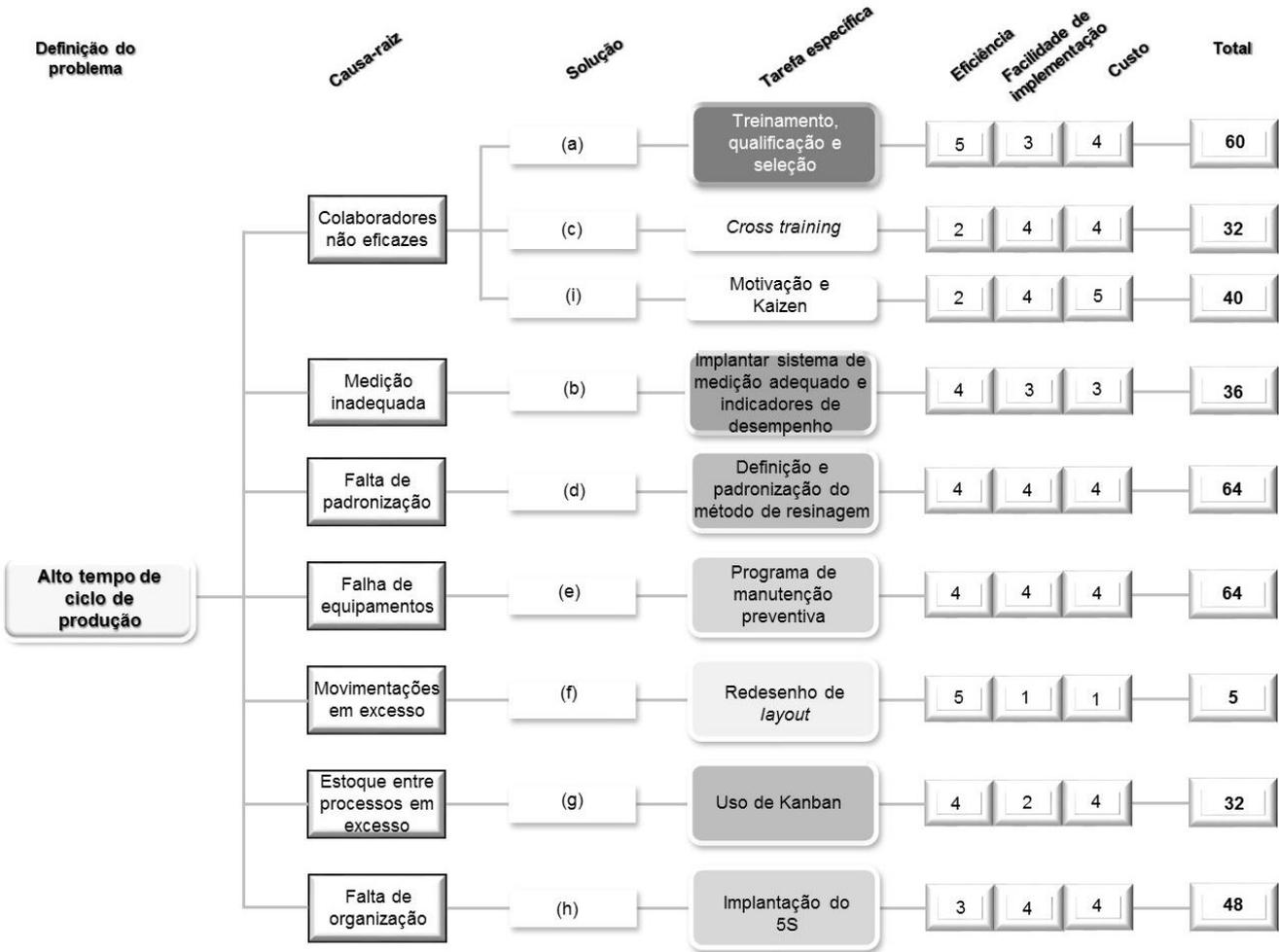


Figura 6 - Matriz de seleção de soluções
 Fonte: Autores, 2013

A partir da análise da figura 5 foi possível verificar que a área responsável pela de Gestão de Pessoas da MPE não possui suas funções definidas, tendo inclusive colaboradores de outras áreas desempenhando atividades equivocadamente, sendo necessária a criação formal desta área na empresa.

Outras evidências foram detectadas como a necessidade do desenvolvimento e implantação de sistemas de medição, e indicadores para que seja possível o controle e acompanhamento confiável de desempenho do processo produtivo. Em trabalhos com intensidade de repetição como telagem e resinagem, pode ser realizado um *cross training* e, os colaboradores de ambas as áreas são treinados para atuar nos dois processos.

Por não haver na empresa um planejamento da manutenção, sugere-se a implantação de um planejamento de manutenção preditiva para o forno e autônoma para os demais equipamentos. Devido à disposição aleatória do maquinário, e com isso, não favorecer o andamento adequado dos processos de produção, sugere-se então um diagnóstico, planejamento e implantação de um *layout* alinhado às necessidades e estratégias da empresa.

O excesso de estoque entre processos deve ser apontado como um fator que contribui para o aumento do tempo morto, ou seja, o tempo das atividades que não agregam valor ao processo produtivo dificultando seu controle. Com isso a demanda por qualidade de conformação é mais exigida de acordo com as necessidades de adequação, gerando um maior número de manutenções. Esses fatores contribuem diretamente para o aumento do tempo de ciclo da produção. Nesse contexto, o *Kanban* por ser uma técnica adequada as realidades de uma MPE, pode ser utilizada para reduzir os estoques entre processos puxando a produção. Complementarmente, a implantação de um programa 5S, pode auxiliar a otimização do tempo de produção e de melhorias organizacionais. De acordo com Falconi (2004) o programa 5S é um sistema de organização do ambiente do trabalho, que envolve todas as pessoas da organização e é visto como uma nova maneira de conduzir a empresa com ganhos efetivos de produtividade. É um estilo participativo de gerenciamento.

Inicialmente podem ser implantados os dois primeiros S's do programa, de maneira a estimular a participação colaborativa dos funcionários, auxiliar na redução direta de estoques no processo e organizar o ambiente de trabalho, contribuindo para a redução do tempo de ciclo de cada etapa do processo produtivo. Na aplicação do primeiro senso, utilização SEIRI, deve-se definir locais apropriados e critérios para estocar, guardar ou dispor de materiais, equipamentos, ferramentas, utensílios, informações e dados de modo a facilitar o seu uso e

manuseio, facilitar a procura, localização e guarda de qualquer item são itens que Badke (2004) considera importante para que o senso de arrumação funcione adequadamente. Itens armazenados ou descontinuados devem ser relacionados e informados ao departamento comercial para realização de ações promocionais a fim de liberar o estoque e o espaço para alocação de produtos de venda atual.

Já a aplicação do segundo senso, organização SEITON, pode-se melhorar a disposição dos maquinários e organização de ferramentas, de forma a acompanhar o fluxo da linha de produção, desobstruindo corredores e alas para facilitar o transporte das chapas para as demais etapas do processo. Neste senso, o segredo é a racionalização dos recursos, saber utilizar sem desperdiçar e de forma organizada. Deve-se propor a correta estocagem, de forma ordenada, sistematizada e padronizada, de modo a facilitar seu uso, manuseio, localização e guarda.

Na fase controlar é necessário estabelecer um sistema de medição e controle para mensurar continuamente todo processo produtivo, monitorando suas entradas e saídas, com o objetivo de garantir que a capacidade estabelecida seja atingida.

Contudo, tendo por base que as soluções propostas sejam realizadas, é proposto a utilização do Controle Estatístico do Processo (CEP), a execução de reuniões periódicas das equipes para acompanhar o andamento dos processos, além de sugerir melhorias e informar ocorrências, realização periódica de treinamento para colaboradores.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia *Seis Sigma* integrada ao pensamento *Lean* aplicável ao processo produtivo de chapas de granito em uma MPE de beneficiamento, pode indicar ações que provavelmente resultem em melhorias, conforme a crítica apresentada pela equipe operacional e gestores.

A partir da análise de cada processo, foi observado que o nível *sigma* de cada um está acima de 3, indicando com isso, a existência de desperdícios. Considerando essa existência, foi possível evidenciar alguns dos problemas que a empresa possui, como por exemplo, a ausência de padronização, e a variabilidade de processos.

Nesse trabalho, o principal obstáculo encontrado durante a aplicação da metodologia *Seis Sigma* e pensamento *Lean* pode ser atribuído a dificuldade em reunir a equipe responsável nos horários programados. Essa dificuldade está relacionada diretamente às atividades exercidas dentro da empresa e suas influências em cada processo. Focalizar ferramentas do *Seis Sigmae*

Leanem projetos adequadamente padronizados, podem gerar economias e, proporcionar mudanças inovadoras em organizações.

Assim, pesquisadores, profissionais do setor e empresários que desejem estudar o efeito da metodologia *Seis Sigma* e pensamento *Lean* sobre o desempenho operacional e comercial tem nesse trabalho um importante ponto de partida e, desta forma, os resultados apresentados irão ajudar no planejamento e implementação de ações nas MPE's. Acadêmicos podem usar os *insights* apresentados para entender melhor a adoção tanto do *Seis Sigma*, quanto do pensamento *Lean*.

7. REFERÊNCIAS

- ABIROCHAS - Associação Brasileira das Indústrias de Rochas Ornamentais. Balanço das Exportações, Importações, Produção e Consumo Interno Brasileiro de Rochas Ornamentais em 2014. Disponível em <http://www.abirochas.com.br>. Acesso em: 19 nov. 2017.
- ANTONY, J.;BHULLER, A. S.;KUMAR, M.;MENDIBIL, K.; MONTGOMERY, D. C. Application of Six Sigma DMAIC methodology in a transactional environment. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 29, n. 1, p. 31-53, 2012.
- ARNHEITER, E. D.; MALEYEFF, J. The integration of lean management and six sigma. *The TQM Magazine*, v. 17, n. 1, p. 5-18, 2005.
- BADKE, T. 5S aplicados à gestão de documentos. *Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, nº 22 (2º sem), 2004.
- CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. Gestão da qualidade: teoria e casos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. (Org.) *Gestão da Qualidade: Teoria e Casos*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2006.
- FALCONI, V. *TQC – Controle Total da Qualidade*, 2ª ed. Minas Gerais: INDG, 2004.
- FERREIRA, A. B.H. Novo Dicionário da Língua Portuguesa. 1ª ed. Rio de Janeiro. Editora Nova Fronteira, 1997.
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Org.). *Métodos de pesquisa*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- GUPTA, P. Six Sigma in Finance and Accounting: Inside Six Sigma. *Quality Digest*. (2004). Disponível em <https://www.qualitydigest.com/inside/six-sigma-column/six-sigma-finance-and-accounting#>. Acesso em: 19 de nov. 2017.
- KARANDIKAR, V.; SANE, S.; SANE, S.; JAHAGIRDAR, S.; SHINDE, S. Process Improvement in a Filter Manufacturing Industry through Six Sigma DMAIC Approach. *International Journal of Current Engineering and Technology*, v. 4, n. 4, p. 2546-2556, 2014.

- KUMARAVADIVEL, A.; NATARAJAN, U. Application of Six-Sigma DMAIC methodology to sand-casting process with response surface methodology. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 69, n. 5-8, p. 1403-1420, 2013.
- LAKATOS, E. M. A.; MARCONI, M. A. *Fundamentos da metodologia científica*. São Paulo: Atlas, 2003.
- MIGUEL, P. A. C. (org.); FLEURY, A.; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N.; LIMA, E. P.; TURRIONI, J. B.; HO, L. L.; MORABITO, R.; MARTINS, R. A.; SOUSA, R.; COSTA, S. E. G.; PUREZA, V. *Metodologia de Pesquisa: Em Engenharia de Produção e Gestão de Operações*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier - ABEPRO, 2012.
- MONTGOMERY, D.C. A modern framework for achieving enterprise excellence. *International Journal of Lean Six Sigma*, v. 1, n. 1, p. 56-65, 2010.
- PANDE, P.; NEUMAN, R.; CAVANAGH, R. *Estratégia seis sigma: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
- RUTHES, S.; CERETTA, P. S.; SONZA, I. B. Seis Sigma: Melhoria da qualidade através da redução da variabilidade. *Revista Gestão Industrial*, v. 2, n. 2, p. 173-190, 2006.
- SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas; DIEESE - Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. *Anuário do trabalho na micro e pequena empresa: 2012*, 5ª ed. Brasília: DIEESE, 2012.
- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.
- SILVA, I. B.; MIYAKE, D. I.; BATOCCHIO, A.; AGOSTINHO, O. L. Integrando a promoção das metodologias Lean Manufacturing e Six Sigma na busca de produtividade e qualidade numa empresa fabricante de autopeças. *Gestão & Produção*, v. 18, n. 4, p. 687-704, 2011.
- TEIXEIRA, S. M.; REIS, J. G. M.; SANTOS, R. C.; OLIVEIRA, R. V.; VERGARA, W. H.; JORDAN, R. A. Qualidade do transporte urbano de passageiros: uma avaliação do nível de serviço do sistema do metropolitano de São Paulo. *Revista Metropolitana de Sustentabilidade*, v. 4, n. 1, p. 3-20, 2014.
- SNEE, R. D. Lean Six Sigma: getting better all the time. *International Journal of Lean Six Sigma*, v. 1, n. 1, p. 9-29, 2010.
- VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. *International journal of operations & production management*, v. 22, n. 2, p. 195-219, 2002.
- WERKEMA, C. *Lean seis sigma: introdução às ferramentas do lean manufacturing*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. *A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.