

A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA E FERRAMENTAS DE ANÁLISE ESTATÍSTICA: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DO SETOR METAL MECÂNICO DE PEQUENO PORTE

Alexander Pitta dos Anjos (UNIARA) ale.engprod@gmail.com

Miriam Alessandra Garcia Santos (UNIARA) magsgarcia@gmail.com

Fernanda Assumpção Nascimento (UNIARA) fernanda.gq14@gmail.com

Jorge Alberto Achcar (UNIARA) achcar@fmrp.usp.br

Eliete Regina de Souza (UNIARA) eliete.souza5@etec.sp.gov.br

Resumo

A metodologia seis sigma apesar de ser considerada uma das ferramentas mais eficazes para a melhoria dos processos industriais, tem sido pouco empregada em empresas de pequeno porte, este trabalho trata da implantação da metodologia seis sigma integrada às ferramentas de análise estatística em uma empresa de pequeno porte. A pesquisa quali quanti baseia-se no estudo de caso da implantação da metodologia através de um projeto de melhoria de processos utilizando a estrutura do método DMAIC. Os resultados mostraram uma redução de não conformidades em aproximadamente 37,3% na fabricação do produto martelo oscilante, após a implantação da metodologia seis sigma. O uso da metodologia seis sigmas integradas às ferramentas de análise estatísticas em empresas de pequeno porte mostrou-se eficaz do combate ao desperdício e na melhoria dos processos industriais, mostrando resultados semelhantes aos alcançados pelas empresas de grande porte.

Palavras-Chaves: Seis sigma, DMAIC, Melhoria de processos, Análise estatística, empresa de pequeno porte.

1.Introdução

A expansão dos mercados no final do século XX intensificada nos últimos anos pelo avanço tecnológico proporcionaram o aumento das relações comerciais internacionais entre os países. Apesar das oportunidades abertas, este fenômeno também expôs muitas organizações nacionais a níveis de concorrência mais elevados, exigindo esforços na busca por novas formas de gestão como resposta à sua permanência no mercado. Dentre estes esforços

destaca-se a metodologia seis sigma considerada um dos métodos mais eficazes para a melhoria de processos.(DESAI;PATEL,2009).

Para Desai (2008) o seis sigma é uma estratégia de melhoria de produtos e serviços que proporciona bons resultados em relação à qualidade, a produtividade e a rentabilidade. A metodologia seis sigma permite também melhorar drasticamente sua linha de negócio, pois facilita o monitoramento das atividades diárias, dentro do processo produtivo, tornando-se possível minimizar os desperdícios e refugos agregando valor ao produto e com aumento da satisfação do cliente. (MAGNUSSON; KROSLID, 2003). Vários são os casos que comprovam a relação entre implantação da metodologia seis sigma e retorno financeiro. (BAÑUELAS; ANTONY, 2002; WERKEMA, 2004; ECKES, 2003; KWAK; AMBARI, 2006). Exemplos de organizações de grande porte internacionais como o caso da General Electric, Citibank, AlliedSignal, Texas Instruments, IBM, ABB, Kodak e a Motorola são considerados de sucesso na implantação da metodologia com correspondente melhora de seus níveis de qualidade de seus processos. (BAÑUELAS; ANTONY, 2002; BASU, 2004; HARRY, 1998; HARRY; SCHRODER, 2000; PANDE; NEUMAN; CAVANAGH , 2001; MITCHELL, 1992; THEVNIN,2004).

Apesar do sucesso da implantação da metodologia nas empresas de grande porte nos últimos anos, nota-se pouca adoção da metodologia em empresas de pequeno e médio porte, talvez pelo fato de seu projeto não ter sido concebido para organizações com estas características, como afirmam Harry e Crawford (2004). Muitos trabalhos confirmam este fato, quando afirmam ter pouca evidencia documental de casos de sucesso da aplicação da metodologia seis sigma em empresas de pequeno e médio porte. (KURATKO; GOODALE; HORNSBY, 2001; HARRY; CRAWFORD, 2004; ANTONY; KUMAR; MADU, 2005).

Apesar dos trabalhos de Kumar e Khanduja (2013) e de Kaushik et al. (2012) que tratam da implantação da metodologia seis sigma em empresas internacionais de pequeno porte do segmento metal mecânico, poucos são os trabalhos de natureza aplicada como os citados, e ainda mais em se tratando de empresas brasileiras com as mesmas características.

Como forma de contribuição para a literatura específica da área, o objetivo deste trabalho é apresentar a aplicação da metodologia seis sigma e ferramentas de análise estatística em uma empresa brasileira de pequeno porte do setor metal mecânico, através de um projeto de melhoria de processo utilizando a ferramenta DMAIC pertencente à metodologia em estudo.

2. Metodologia

Para a elaboração da pesquisa partiu-se de uma revisão bibliográfica sobre o tema central (metodologia seis sigmas) e também das ferramentas gráficas e estatísticas que serão utilizadas através do software MINITAB[®], tomando como base a aplicação dos conceitos estudados em um caso real em uma empresa de pequeno porte do setor metal mecânico. A pesquisa caracterizada como um estudo de caso em uma empresa do interior do estado de São Paulo, é de natureza aplicada e cunho quali quanti e apresenta a implantação de um projeto de melhoria registrado no Project Charter com o uso de ferramentas adotadas pela metodologia seis sigma e estatísticas seguindo as etapas do método DMAIC.

3. Seis sigma

A metodologia seis sigma é um conjunto de práticas voltado para melhoria contínua da organização; surgiu na década de 1980 na empresa Motorola com o objetivo de garantir a sobrevivência da empresa. (PYZDEK, 2003; HENDERSON; EVANS, 2000).

Embora a metodologia tenha sido desenvolvida inicialmente pela Motorola, acabou ganhando popularidade em 1994, quando o presidente da General Electric (GE) considerou a metodologia como o caminho para a busca da qualidade e da rentabilidade. (WELCH, 2001).

A metodologia seis sigmas é vinculada à área de estatística e tem como base a variabilidade dos processos, alusão feita ao símbolo sigma (σ) que na área de estatística denota o desvio padrão. (PYZDEK, 2003; KLEFSJO; WIKLUND; EDEGMAN, 2001; ROTONDARO, 2002; MCADAM; LAFFERTY, 2004).

A metodologia é implementada através de uma sequência de etapas representada pelas letras DMAIC, simbolizando as fases de um projeto de melhoria, segundo Holtz e Campbell (2003), como explicado a seguir:

- a) Definir: o objetivo da fase de definir é identificar o produto ou processo a ser melhorado, em função da necessidade da organização ou do cliente e traduzir as suas necessidades em fatores críticos (CTQs), que posteriormente deverá ser desenvolvido um termo para abertura e aprovação de um projeto (Project Charter);
- b) Medir: a fase medir consiste na elaboração de um mapa que demonstre o comportamento do processo a ser melhorado, a criação de um plano de coleta de dados que posteriormente deve ser calculado o nível σ e a capacidade do processo;
- c) Analisar: a fase de analisar consiste no tratamento dos dados coletados na fase de medição através de ferramentas de análise gráfica e/ou estatística;

- d) Melhorar: a fase melhorar consiste na aplicação do conhecimento da equipe em criar métodos de melhoria para o processo ou produto, baseado na análise de dados;
- e) Controlar: a fase controlar consiste na criação de métodos que auxiliem no gerenciamento e monitoramento do processo depois de melhorado, para que a mesma não saia do controle novamente.

4. Boxplot

Métodos gráficos compreendem qualquer forma de visualização de dados quantitativos, também ajudam na tomada de decisões estatísticas. Um dos métodos mais usados para examinar visualmente os dados é o boxplot, considerado um dos gráficos estatísticos usado com mais frequência e que fornece informações sobre a locação, dispersão, assimetria, comprimento de cauda e medidas discrepantes do conjunto de dados. (MARMOLEJO-RAMOS; TIAN, 2010).

O gráfico boxplot é um resumo compacto distributivo, exibindo menos detalhes do que um histograma e ocupando menos espaço. Os gráficos boxplots resumem a informação dos dados a partir de medidas amostrais estatísticas, são rapidamente computáveis e particularmente úteis para comparar distribuições entre os grupos. Devido a sua praticidade, boxplots geram uma riqueza de variações e aprimoramento. (WICKHAM; STRYJEWSKI, 2011)

Em termos de uma breve história, o gráfico de caixa, como também é conhecido o boxplot, foi introduzido por Tukey (1977) como parte de seu conjunto de ferramentas para análise exploratória de dados. A grande contribuição de Tukey (1977) foi em termos de popularizar medidas estatísticas que resumem a informação dos dados e representá-las graficamente de forma simples quando tem-se grande número de dados e fazer conexões usando componentes visuais em intervalos de variabilidade dos dados. Posteriormente McGill, Tukey, e Larsen (1978) adicionaram a ideia de entalhes em boxplots para a comparação de medianas.

5. ANOVA (Análise de variância)

A principal aplicação da ANOVA é a comparação de médias provenientes de diferentes tratamentos. (ESTATÍSTICA, 2009). A ANOVA (analysis of variance) é uma ferramenta utilizada para comparar diversos tratamentos ou divisões de importância (MONTGOMERY, 1985). Com a utilização da ANOVA é possível explorar a presença de diferenças consideráveis entre os tratamentos estudados. (PAESE; CATEN; RIBEIRO, 2001).

6. Diagrama de Pareto

O princípio de Pareto estabelece que se um grande número de problemas relacionados à perda da qualidade for identificado, como por exemplo: atrasos de entrega, produtos com defeito, máquinas necessitando de reparos e outros, a solução de apenas alguns desses

problemas pode reduzir de 80% a 90% das perdas em virtude dos fatos. O princípio de Pareto foi proposto por Joseph M. Juran, famoso consultor de negócios, que deu esse nome como homenagem ao economista italiano Vilfredo Pareto. O modelo foi ajustado para tratar problemas da qualidade (WERKEMA, 2014).

De acordo com WERKEMA (1995), o diagrama de Pareto é um recurso gráfico utilizado para demonstrar a ordem em que os problemas devem ser corrigidos, através de barras verticais que alinham as informações priorizando os problemas. A disposição das informações no gráfico de Pareto além de facilitar o encontro das áreas que necessitam de melhoria, ainda possibilita a demonstração das metas a serem alcançadas.

7. Project charter

O *Project Charter* pode ser muito poderoso, se receber a visibilidade adequada, pois define as funções e responsabilidades dentro do projeto e alinha o projeto com as metas e objetivos estratégicos da organização. Especificamente, o *Project Charter* provê autoridade ao gerente de projeto para em conjunto com a equipe de projeto realize as tarefas e conclua o projeto com sucesso. O *Project Charter* contém basicamente o objetivo do projeto, objetivo do produto, dados do gerente do projeto, *stakeholders*, premissas, restrições, previsão de duração e geralmente a estimativa de custo e o retorno do investimento. Com base nessas informações que o *Sponsor* decide se o projeto será iniciado. Caso o início seja autorizado, o trabalho deixa de ser um estudo (anteprojeto) e se torna efetivamente um projeto. (PMI, 2015).

8. Implantação do seis sigmas na empresa Beta

A empresa Beta foi fundada em 2007. Seus fundadores vieram para a cidade de Sertãozinho na década de 70, durante o “Pró-álcool”, para integrar o quadro de funcionários da empresa Zanini S.A. Equipamentos Pesados, na qual atuaram como encarregado de ferramentaria e usinagem por 10 anos. Motivados pela ascensão do setor sucroalcooleiro no cenário mundial, criaram a empresa em estudo para atuar na prestação de serviços de usinagem, manutenção e na fabricação de peças para equipamentos industriais. Desde 2008 a empresa tem investido em novos procedimentos de fabricação com melhoria de seus processos de manufatura com o auxílio da metodologia seis sigma e também de elevados investimentos em treinamentos, máquinas e equipamentos convencionais e CNC. O uso das ferramentas estatísticas no processo de melhoria se iniciou no final de 2010, onde com a implantação da metodologia seis sigma fez com que a empresa buscasse ampliar seus estudos na área da estatística com intuito de melhorar ainda mais seus processos de fabricação.

A empresa buscou aplicar tais conhecimentos estatísticos nos problemas de fabricação de martelos oscilantes que acarretava em retrabalhos constantes que impactavam na margem de lucro e como consequência causando também a insatisfação dos clientes por motivos de atrasos no prazo de entrega e vida útil do produto.

Segundo Lima e Ferraresi (2006), martelos oscilantes são componentes utilizados em um equipamento da área de extração de caldo de cana chamado desfibrador, onde seu principal objetivo é abrir a célula da cana para aumentar a eficiência da extração do caldo no estágio seguinte. A Figura 1 mostra os martelos de aço carbono e aço inox fabricados pela empresa.

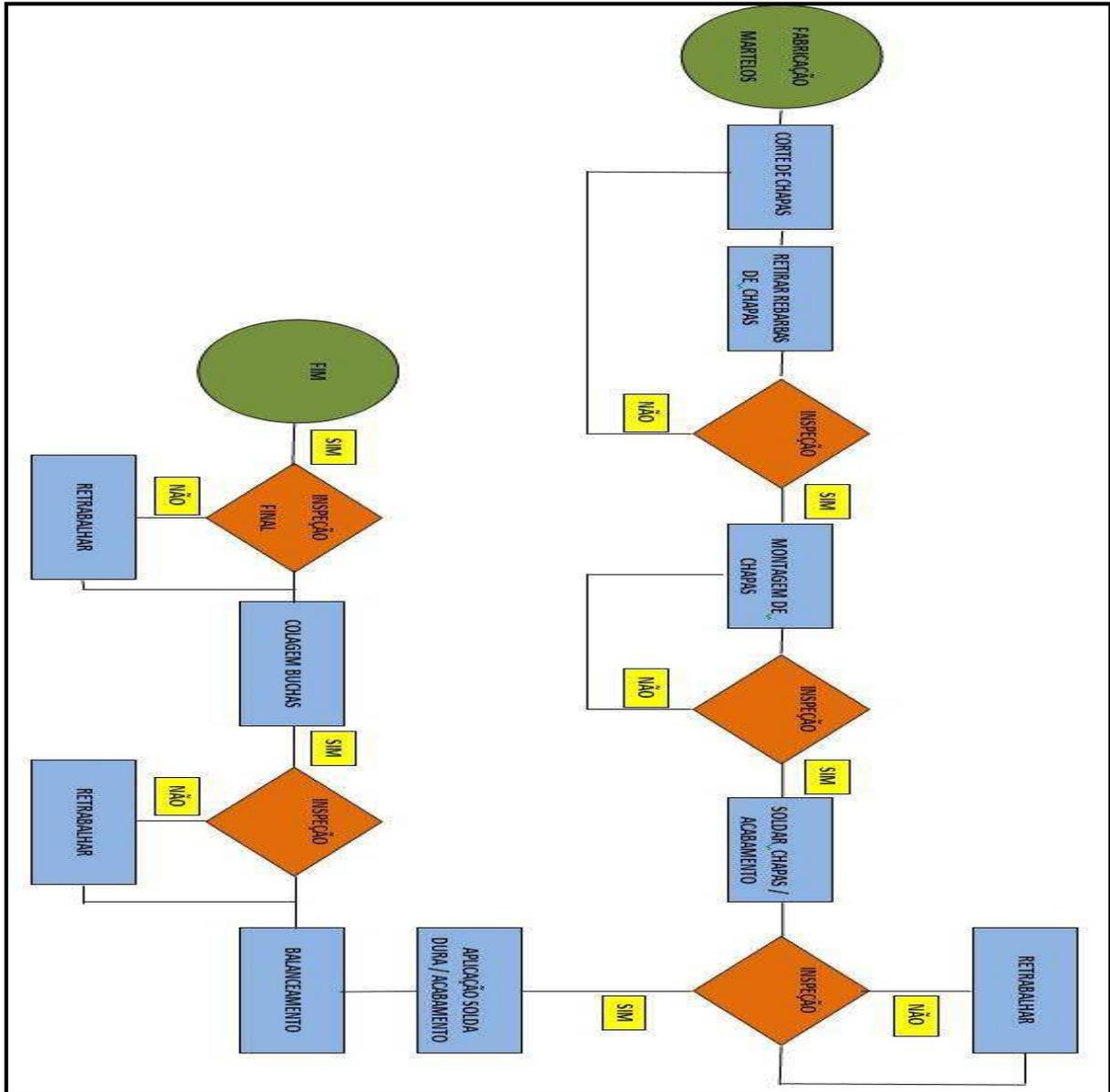
Figura 1 – Martelos oscilantes



Fonte: próprio autor

O processo de fabricação dos martelos é mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Processo de fabricação martelos oscilantes



Fonte: próprio autor

O processo de implantação da metodologia seis sigma integrado as ferramentas estáticas, foi iniciado com um período de 6 meses de treinamento, seguido pelas etapas de implantação do projeto de melhoria, através do cumprimento das fases do ciclo DMAIC e do auxílio de suas respectivas ferramentas de melhoramento contínuo.

8.1 Fase definição

Na primeira fase do ciclo DMAIC (definição), foi utilizado a ferramenta árvore de CTQs (Critical To Quality) ou críticos para a qualidade, que traduzia todas as necessidades e desejos da empresa. A Figura 3 mostra a árvore CTQs elaborada pela empresa.

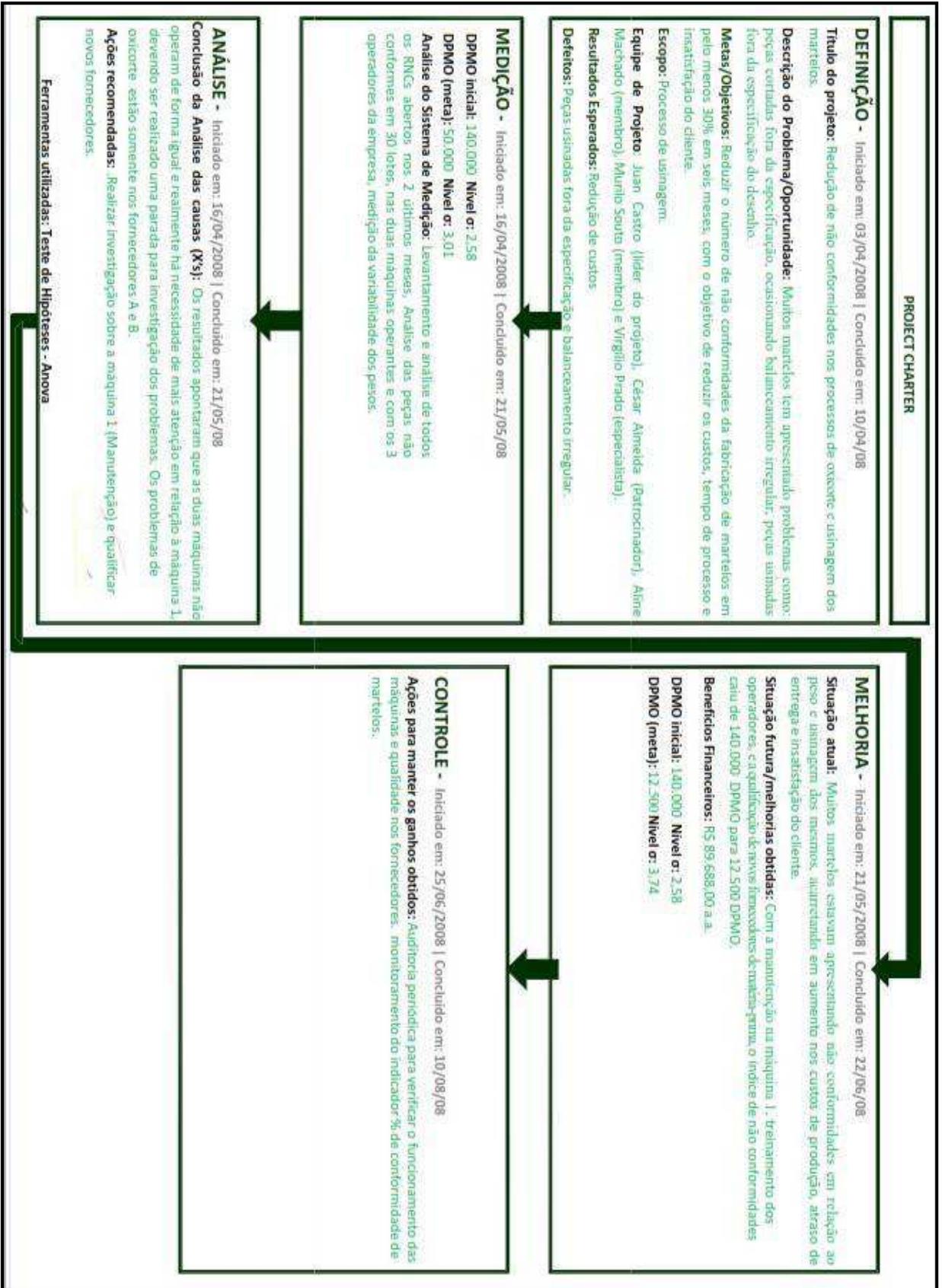
Figura 3 – Árvore CTQs



Fonte: próprio autor

Após esse processo ainda na fase de definição foi elaborado o Project Charter que envolvia a equipe de projeto e seu patrocinador; nele foi formalizado e documentado o porquê da implantação do projeto de melhoria seis sigma, as metas e objetivos que pretendia se alcançar, a descrição de toda a equipe envolvida no projeto, com suas respectivas responsabilidades. A Figura 4 mostra o Project Charter elaborado pela empresa.

Figura 4 – Project charter

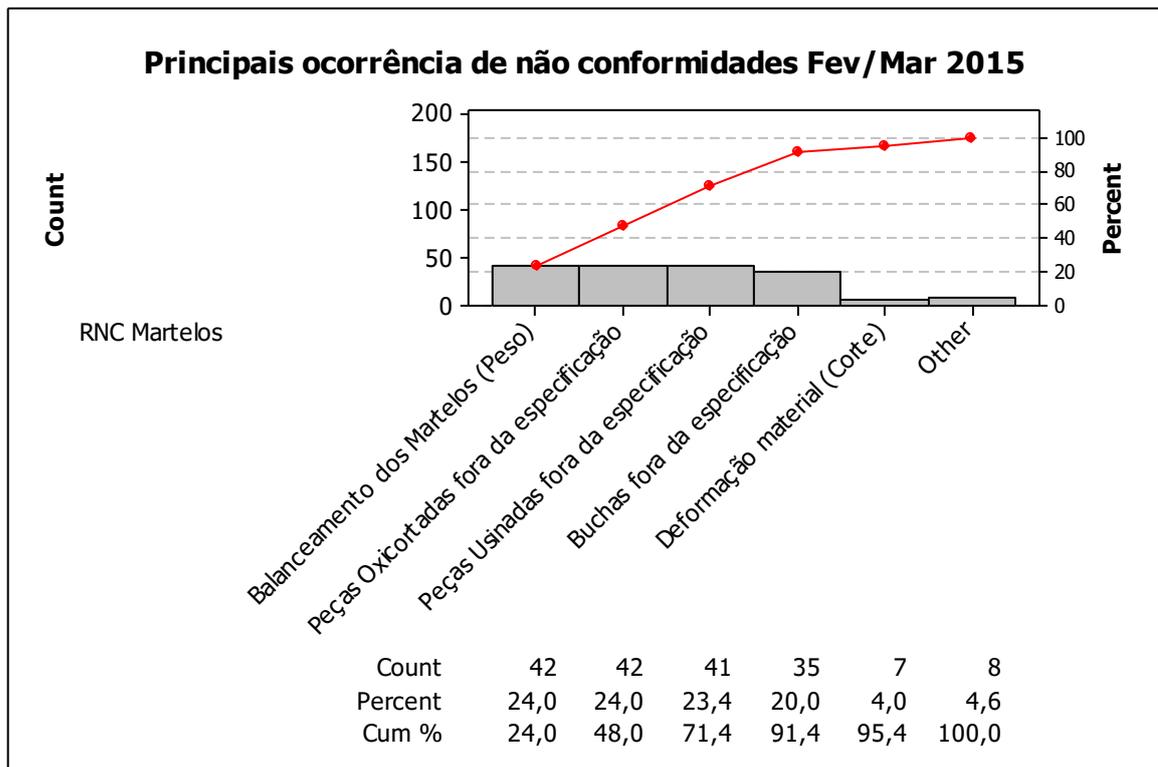


Fonte: próprio autor

8.2 Fase de medição

Na fase de medição foram levantados dados de todas as RNCs (Registro de não conformidades), aberta nos últimos dois meses, para verificar quais os maiores índices de ocorrência de falhas e defeitos na fabricação. A Figura 5 mostra o levantamento realizado através do diagrama de Pareto.

Figura 5 – Registro de não conformidades



Fonte: próprio autor

Através do diagrama pode-se observar que um dos maiores índices de ocorrência de não conformidades esta ligada as peças oxicortadas fora da especificação, gerando como consequência grande diferença de pesos de uma peça em relação à outra afetando o balanceamento das mesmas. A Figura 6 mostra a análise estatística feita através do MINITAB® de um registro que consta os pesos de 60 martelos dos últimos três lotes comprados pela empresa, vale lembrar que cada lote é fabricado por fornecedores diferentes. Os resultados apresentados na Figura 6 mostram uma média amostral de 26,461 kg em relação ao peso das amostras dos martelos.

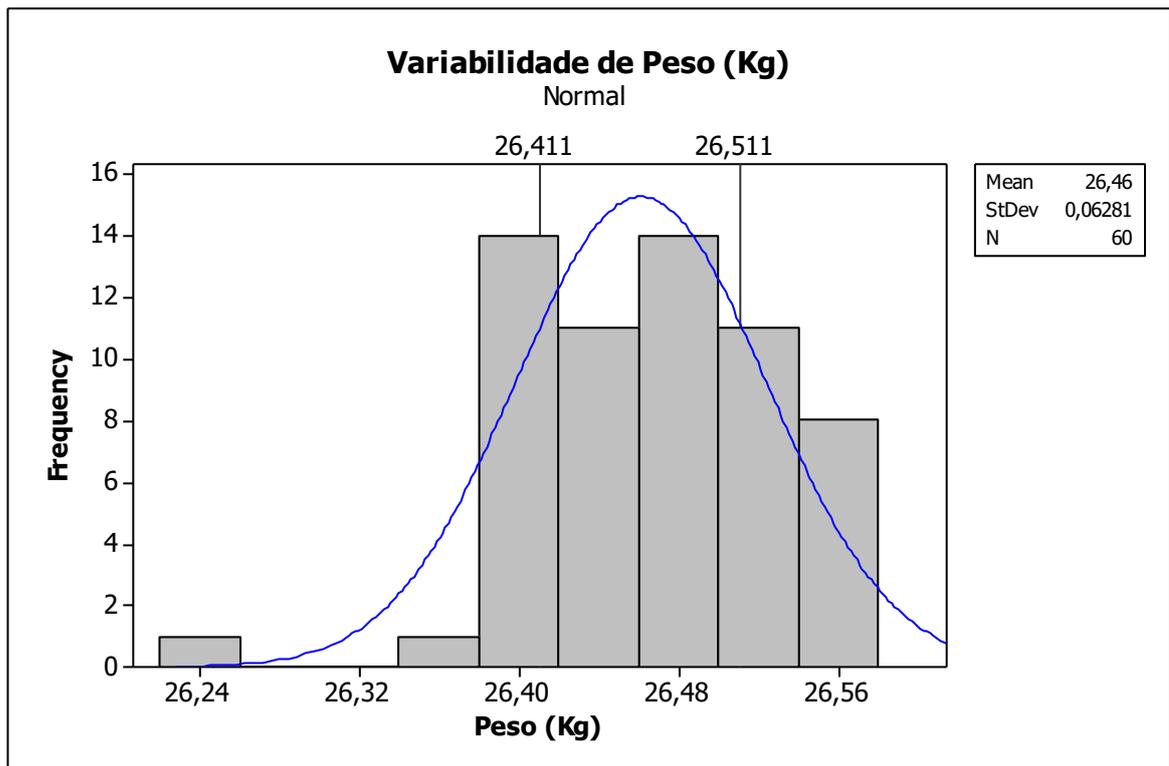
A Figura 7 apresenta um gráfico de controle feito pela empresa para mostrar a proporção de peças que encontram fora da especificação, considerando que a variabilidade aceitável dos pesos pela a empresa é de tanto para mais quanto para menos 50g.

Figura 6 – Análise estatística de 60 martelos

Descriptive Statistics: Peso (Kg)									
Variable	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3
Peso (Kg)	60	0	26,461	0,00811	0,0628	26,250	26,410	26,470	26,528
Variable	Maximum								
Peso (Kg)	26,560								

Fonte: próprio autor

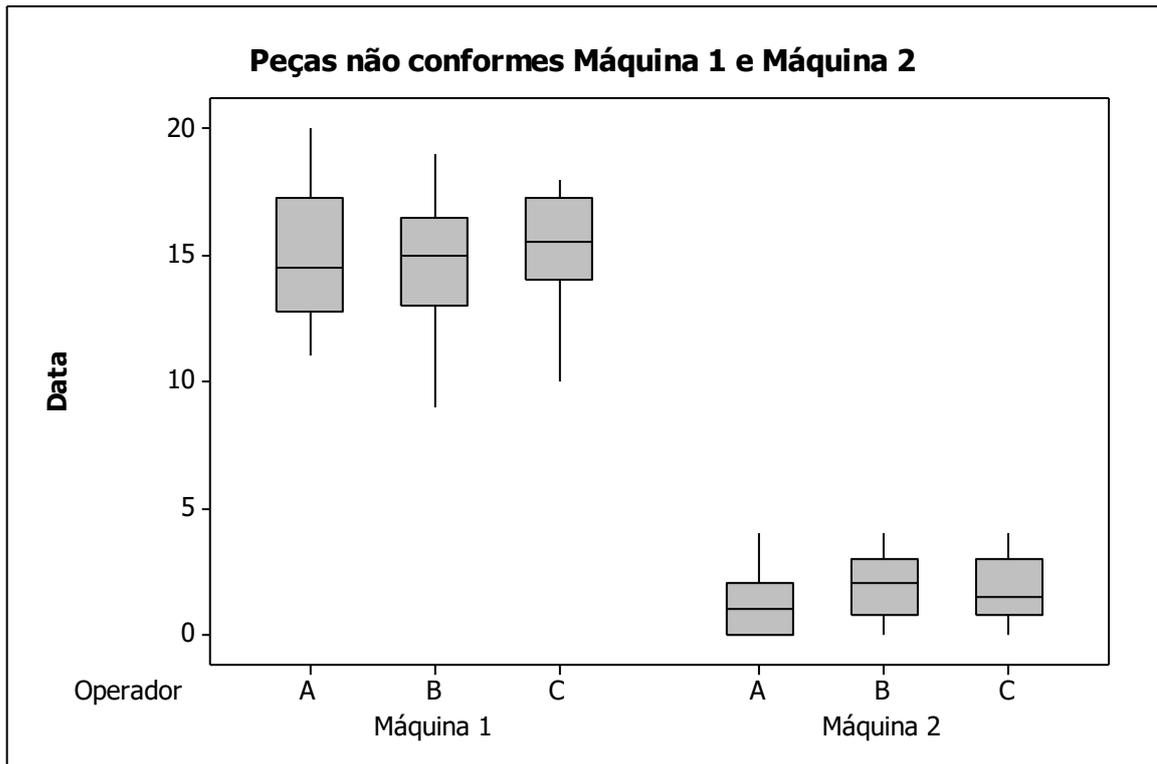
Figura 7 – Gráfico de controle



Fonte: próprio autor

Portanto os limites de tolerância aceitáveis estão no intervalo de 26,411 a 26,511 Kg; os dados que se encontram fora (32 peças), não estão de acordo com a especificação feita pela empresa, como pode-se observar estas não conformidade gera custos, pois toda diferença de peso acarreta em mais solda para balancear os mesmos ou deve-se cortar novas peças em casos mais críticos. Ainda na fase de medição outro fator que pode ser notado pelo diagrama de Pareto é que há um grande número de ocorrência de peças não conformes na área de usinagem, acarretando custos de retrabalho ou refugo da matéria-prima. Em função disso foram levantadas as RNCs de 30 lotes aleatórios, nelas foram observadas as ocorrência em função dos três operadores e as duas máquinas que são utilizadas. A Figura 8 mostra a variabilidade dos dados coletados, através de um gráfico boxplot.

Figura 8 – Peças usinadas fora da especificação



Fonte: próprio autor

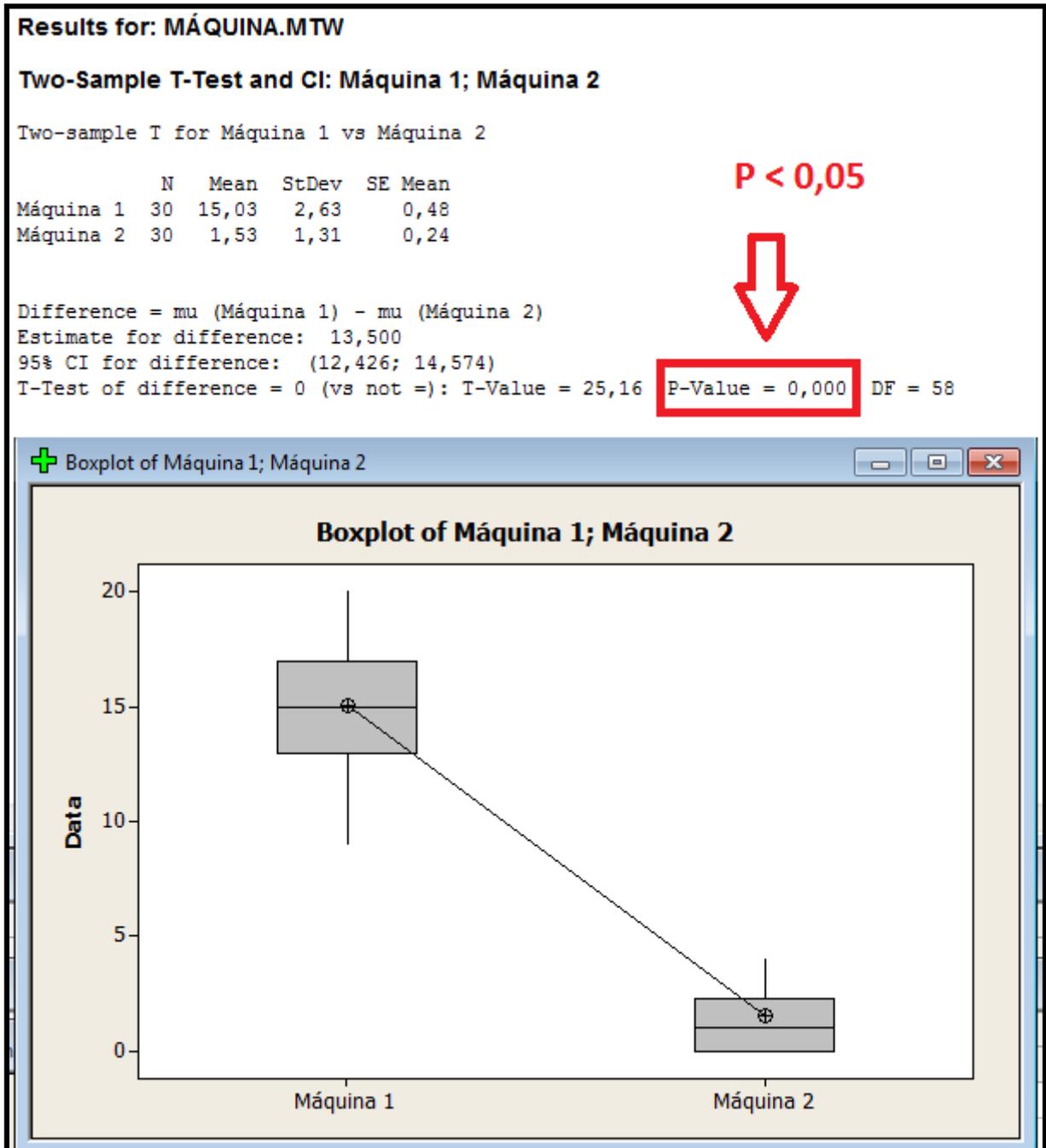
Através do mesmo pode-se observar que há um índice de não conformidade maior quando se opera na primeira máquina, isso levando em consideração 3 operadores diferentes.

Ainda na fase de medição foi realizado o cálculo da capacidade do processo, onde através dele obteve como nível sigma 2,58. A partir desse resultado a empresa estipulou uma meta de elevar seu nível sigma para no mínimo 3,01, ou seja a redução do número de não conformidades em pelo menos 30%.

8.3 Fase análise

Na fase da análise foi utilizado a ferramenta teste de hipóteses para testar a hipótese que as duas máquinas operam da mesma forma e estão em pleno funcionamento com 95% de certeza não necessitando de maiores investigações ou manutenções fora do planejado, caso confirme que as máquinas estão operantes em perfeito estado o problema passa a estar nos operadores ou instrumentos de medição utilizados por eles. A Figura 9 demonstra o resultado da análise estatística realizada nas duas máquinas.

Figura 9 – Teste de hipóteses



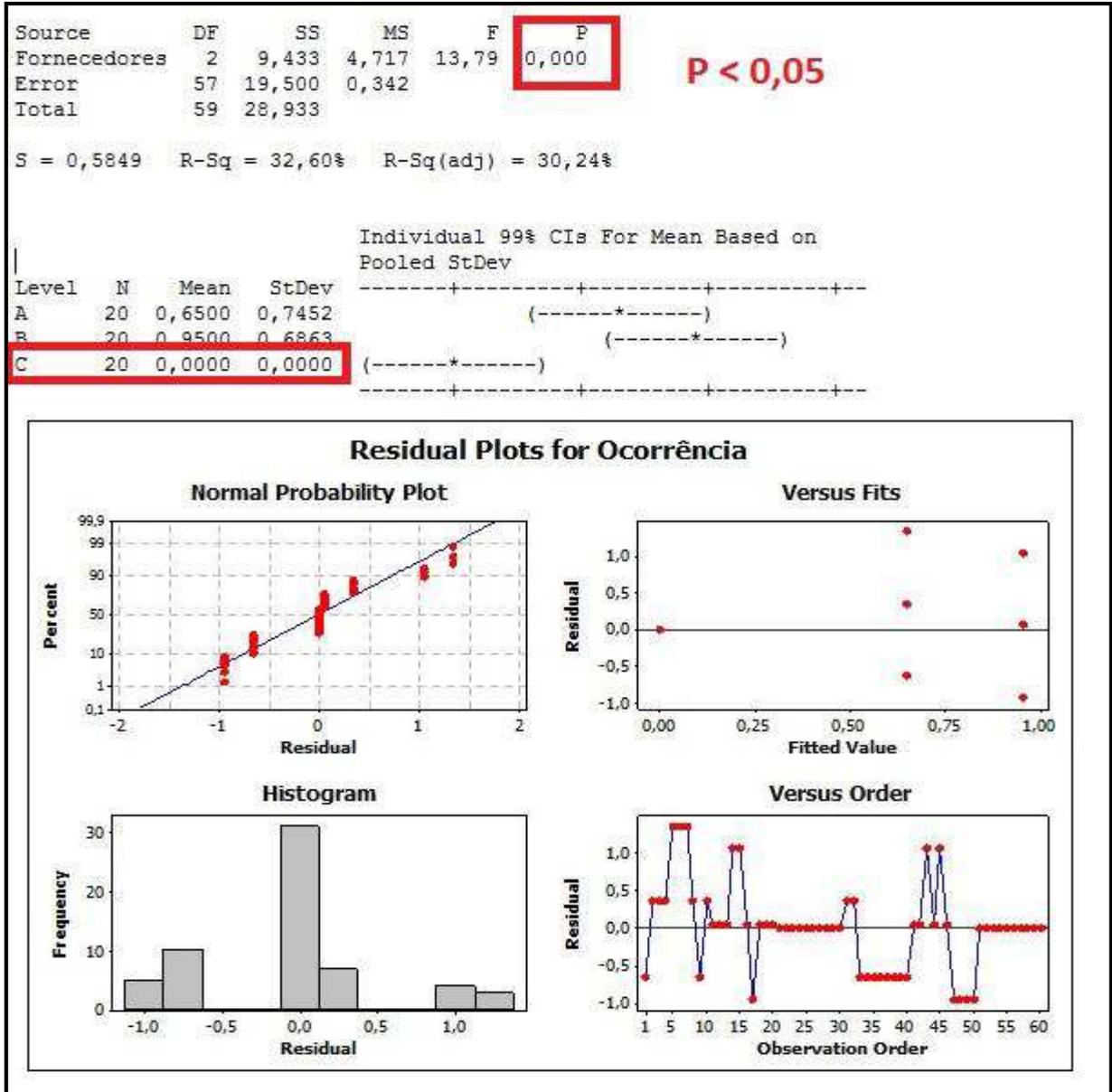
Fonte: próprio autor

Os resultados mostram que as duas máquinas não operam de forma igual e realmente há necessidade de mais atenção em relação à máquina 1, devendo ser realizado uma parada para investigação dos problemas.

Quanto ao problema da variação dos pesos em relação aos limites de tolerância aceitáveis foi utilizada na fase de análise a técnica ANOVA para testar a hipótese de que o problema das peças oxicotadas fora da especificação ocorre nos três fornecedores da empresa, devendo a mesma qualificar novos fornecedores. Para isso foram utilizados os

mesmos registros dos pesos de 60 martelos em 3 lotes com suas ocorrências de não conformidade. A Figura 10 mostra a análise estatística realizada nos três fornecedores.

Figura 10 – Teste de fornecedores



Fonte: próprio autor

Os resultados mostram que os problemas de oxidação não estão em todos os fornecedores e sim somente nos fornecedores A e B, desta forma o valor-p é dado por $P < 0,05$, isto é, rejeita esta hipótese.

8.4 Fase de melhoria

Na fase de melhoria foi realizado uma verificação na máquina 1 e foi confirmado que a mesma estava com folgas no cabeçote e a base da mesma estava trincada, ocasionando

vibração, sendo um dos motivos pelo grande número de peças usinadas fora das tolerâncias. Como forma de melhorar essa questão foi realizado uma manutenção e treinamentos com os operadores para que os mesmos possam saber identificar os problemas, quanto aos fornecedores foi realizado uma verificação através de auditoria em suas unidades para levantar possíveis causas da má qualidade no corte das chapas. Novos fornecedores também foram qualificados e passaram a oferecer chapas, dessa forma conseguiu melhorar a negociação no preço. Estas melhorias proporcionaram um ganho financeiro de R\$ 89.688,00 ao ano, custo economizados com a boa qualidade, através do novo calculo de capacidade elevou-se o nível sigma de 2,58 para 3,74 do processo de fabricação dos martelos oscilantes.

8.5 Fase de controle

Na fase de controle como forma de manter os ganhos foi criado um plano de auditoria que visa verificar o funcionamento das máquinas e da forma que está sendo realizado as manutenções nas mesmas, também foi elaborado um monitoramento através de indicadores nos fornecedores com intuito de verificar a qualidade de seus produtos.

Após cinco meses da implantação do projeto de melhoria seis sigma com ferramentas de análise estatística a empresa Beta conseguiu obter bons resultados, ultrapassando sua meta que antes era de 3,01 para 3,74 σ , isso fez com que alcançasse uma redução de não conformidades em aproximadamente 37,3%.

9. Conclusões

Pode-se observar que a metodologia seis sigma combinada com outras ferramentas estatísticas podem ser implementadas até mesmo em empresas de pequeno e médio porte embora não tenha sido criada inicialmente pensando nestes portes de organização, da para ser adaptada desde que a participação da diretoria no processo de melhoria seja ativa. Como já mencionado para implantação do projeto de melhoria seis sigma na empresa fez-se necessário entender a metodologia DMAIC e as ferramentas que auxiliam a melhoria em cada fase do ciclo. Ainda hoje a empresa mantém diversos projetos de melhoria seis sigma integradas com outras ferramentas de análise estatística onde tem-se mostrado bastante eficiente na solução de problemas dentro da organização em relação a redução de custo, em função de desperdícios e retrabalhos.

REFERÊNCIAS

ANTONY, J.; KUMAR, M.; MADU, C. N. Six sigma in small- and medium-sized UK manufacturing enterprises: Some empirical observations. *The International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 22, n. 8/9, p. 860-874, 2005.

- BAÑUELAS, R.; ANTONY, J. Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations. *The TQM Magazine*, v. 14, n. 2, p. 92-99, 2002.
- BASU, R. Six-sigma to operational excellence: role of tools and techniques. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, v.1, n.1, p.44-64, 2004.
- DESAI, D. A. Improving productivity and profitability through six sigma: Experience of a small-scale jobbing industry. *International Journal of Productivity and Quality Management*, v.3, n.3, p. 290-310, 2008.
- DESAI, D.A ;PATEL, M.B. Impact of Six Sigma in a developing economy: analysis on benefits drawn by Indian industries. *International Journal of Productivity and Quality Management*, v.2, n.3, p. 517-538, 2009.
- ECKES, G. *Six sigma for everyone*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2003.
- ESTATÍSTICA. Universidade Federal do Paraná. Setor Ciências Exatas. Departamento de Estatística. Estatística II. Curitiba. cap.7, fev, 2009. Disponível em: < <http://www.est.ufpr.br/ce003/material/apostilace003.pdf>>
- HARRY, M.J. Six sigma: A breakthrough strategy for profitability. *Quality Progress*, p. 60-65, 1998.
- HARRY, M.J; SCHROEDER, R. *Six sigma: The breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations*. Nova York: Currency, 2000.
- HARRY, M. J.; CRAWFORD, J. D. Six sigma for the little guy. *Mechanical Engineering*, v. 126, n. 11, p. 8-10, 2004.
- HENDERSON, K. M.; EVANS, J. R. Successful implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric company. *Benchmarking: an International Journal*, v.7, n.4, p. 260-282, 2000.
- HOLTZ, R. W.; CAMPBELL, P. A. Six sigma: Its implementation in ford's facility management and maintenance functions. *Journal of Facilities Management*, v.2, n.4, p. 320-329, 2003.
- KAUSHIK, P.; KHANDUJA, D.; MITTAL, K.; JAGLAN, P. A case study; Application of Six Sigma methodology in a small and medium-sized manufacturing enterprise. *TQM Journal*. v.24, n.1, p. 4-16, 2012.
- KLEFSJÖ, B.; WIKLUND, N.; EDEGMAN, R. L. Six Sigma seen as a methodology for total quality management. *Measuring Business Excellence*, v.5, 2001.
- KUMAR, V.; KHANDUJA, R. Application of six-sigma methodology in SSI: A case study. *International Journal of Current Engineering and Technology*, v.3, n.3, p. 971-976, 2013.
- KURATKO, D. F.; GOODALE, J. C.; HORNSBY, J. S. Quality practices for a competitive advantage in smaller firms. *Journal of Small Business Management*, v.39, n. 4, p. 293-311, 2001.
- KWAK, Y.; ANBARI, F. Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. *Technovation*, v.26, p. 708-715, 2006.

- LIMA, A.; FERRARESI, V. Desgaste em equipamentos de processamento da cana-de-açúcar em destilaria de álcool. *16 POSMEC - Simpósio de Pós Graduação em Engenharia Mecânica*, Uberlândia, 2006.
- MAGNUSSON, K.; KROSLID, D. ; BERGMAN, B. *Six Sigma – The Pragmatic approach*. Scandinavia: Studentlitteratur, Lund, 2003.
- MARMOLEJO-RAMOS, F.; TIAN, T. S. The shifting boxplot. A boxplot based on essential summary statistics around the mean. *International Journal of Psychological Research*, v. 3, p. 37-45, dec/mar, 2010.
- MCADAM, R.; LAFFERTY, B. A multilevel case study critique of six sigma: statistical control or strategic change?. *International Journal of Operations & production Management*, v.24, n.5, p. 530-549, 2004.
- MCGILL, R.; TUKEY, J. W.; LARSEN, W. A. Variations of Box Plots. *The American Statistician*, 32, 12-16, 1978.
- MITCHELL, B. The six sigma appeal. *Engineering Managment Journal, Stevenage, UK*, v.2, n.1, p.41-47, 1992.
- MONTGOMERY, D.C. *Introduction to Statistical Quality Control*. New York: Jonh Wiley an Sons, 1985.
- PANDE, P.S.; NEUMAN, R.P.; CAVANAGH, R.R. *Estratégia seis sigma. Como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
- PAESE, C.; CATEN, C. T; RIBEIRO, J. L. D. Aplicação da Análise da Variância na Implantação do CEP. *Revista Produção*. v.11, n.1, nov, 2001.
- PMI. Project Management Institute. Disponível em:< <http://www.pmi.org/>>. Acesso em: 06 jun. 2015.
- PYZDEK, T. Uma ferramenta em busca do defeito zero. *HSM Management*, v.38, 2003.
- ROTONDARO, R. Visão Geral. In ROTONDARO, R. *Seis Sigma: Estratégia Gerencial para melhoria de processos, produtos e serviços*. São Paulo: Editora Atlas, 2002.
- THEVNIN, C. Effective management commitment enhances six sigma success. *Handbook of Business Strategy*, v. 5, n. 1, p. 195-200, 2004.
- TUKEY, J. W. *Exploratory Data Analysis*. 1977
- WELCH, J. J. *Definitivo: Segredos do Executivo do Século*. Rio de Janeiro: Campus, 2001.
- WERKEMA, C. *Criando a cultura seis sigma. Serie seis sigma*. 1ª Edição. Nova Lima, MG: Werkema, 2004.
- WERKEMA, M. C. C. *Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos*. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.
- WERKEMA, C. *Ferramentas estatísticas básicas do Lean Seis Sigma Integrado ao PDCA e DMAIC*. Rio de Janeiro. Elsevier Editora. 2014

WICKHAM, H.; STRYJEWSKI, L. 40 years of boxplots. 2011.