

INDICADORES DE CAPACIDADE SIGMA DE PROCESSOS E MELHORIA DE DESEMPENHO: ANÁLISE DE DOIS ESTUDOS DE CASO.

Área temática: Gestão pela Qualidade Total

Silvia Boarin Pinto
shboarin@uol.com.br

Leila Jansen
jpedro@uol.com.br

Resumo: *Pressionadas pela dinâmica competição nos mercados, as organizações passaram a se preocupar não apenas com a qualidade dos bens produzidos, mas também com a busca da máxima eficiência de seus processos. Assim, técnicas, ferramentas e programas de melhoria têm sido aplicados em grande escala. Este artigo apresenta dois estudos de caso, o primeiro caso foi realizado em uma entidade multinacional de grande porte, atuante no segmento de Produtos de Limpeza e Cuidados Pessoais, chamado de empresa Gama e o segundo caso foi realizado em uma Siderúrgica Multinacional, chamada de empresa Iota, fabricante de aços longos. A pesquisa apresenta uma análise do desempenho alcançado pelas empresas, abordando-se o problema segundo o enfoque de indicadores de Capacidade Sigma de Processos, utilizados em Programas Seis Sigma. Os resultados obtidos revelam a importância do acompanhamento dos indicadores de desempenho ao longo do tempo e aplicabilidade da medição da capacidade sigma como uma ferramenta propulsora da melhoria de desempenho.*

Palavras-chaves: *Seis Sigma, Capacidade Sigma de Processo, Melhoria Contínua, Qualidade, Programas de Qualidade.*

1. Introdução

Cada vez mais, o mercado tem se mostrado competitivo, especialmente nas áreas relacionadas ao oferecimento e à prestação de serviços. Nesse contexto, as empresas preocupam-se intensamente com o atendimento ao cliente, no intuito de agregar maior valor ao produto final, criando assim a necessidade de aplicar programas de melhoria em processos de serviços para atender às expectativas de seu público de modo mais eficaz. Assim, diferentes técnicas e ferramentas, muitas vezes oriundas do setor industrial, têm sido aplicadas e adaptadas para a área de Serviços, destacando-se, entre elas, os programas de melhoria da qualidade (CHOW-CHUA & GOH, 2002).

A entrega do produto certo, na quantidade exata, no destino correto e no tempo combinado, aliada à redução dos estoques e à diminuição dos custos, adquire, então, grande importância, e a não observância desses fatores pode impactar negativamente no desempenho empresarial. Nessa perspectiva, a implantação de normas internacionais, como a ISO 9001 (Gestão da Qualidade), a ISO 14001 (Gestão Ambiental), a OHSAS 18001 (Saúde e Segurança no Trabalho) e o Programa Seis Sigma, representa uma alternativa viável para o aumento da competitividade (SEIFFERT, 2010 e SHANKAR, 2003).

O Seis Sigma surgiu na Motorola, no início de 1987, para ser aplicada na variabilidade dos processos de produção, tendo como objetivo melhorar o desempenho por meio da análise de tais variações. A Motorola chegou a receber o Prêmio *Malcolm Baldrige* de Qualidade e a introdução do programa Seis Sigma passou a ser reconhecida como responsável pelo sucesso alcançado pela organização. Após a divulgação dos ganhos obtidos pela Motorola, o Seis Sigma começou a ser utilizado por outras empresas de grande porte como a IBM, General Electric, 3M, Caterpillar e Ford Motor, entre outras. A GE-*General Electric* conseguiu um grande aumento na margem do lucro operacional, conquistando a posição de uma das corporações mais bem sucedidas dos Estados Unidos, registrando depois de três anos uma economia de mais de US\$ 1,5 bilhões (BAÑUELAS; ANTONY, 2002).

No Brasil, o Seis Sigma é um tema recente e não há muitos relatos extensivos sobre a sua aplicação. Entretanto, a partir de 1997, o Grupo Brasmotor utilizou a metodologia do Seis Sigma nas suas operações, conseguindo um ganho de R\$ 20 milhões (WERKEMA, 2002).



Com base em tais ponderações, este estudo tem como objetivo verificar se as ações de melhoria executadas em duas empresas, uma no segmento de Produtos de Limpeza e Cuidados Pessoais e outra em uma Siderúrgica Multinacional, que incrementam a capacidade do processo, avaliada pelo cálculo da Capacidade Sigma do Processo, obtiveram benefícios. Mesmos que as organizações não tenham implementado o Programa Seis Sigma na sua totalidade, considera-se que é possível calcular a Capacidade Sigma dos seus processos.

O artigo está distribuído em cinco seções. A primeira apresenta uma breve introdução sobre o tema em questão; a segunda expõe a síntese da discussão teórica que embasa o presente estudo de caso; a terceira explicita a abordagem metodológica, os procedimentos utilizados e o contexto da pesquisa; a quarta revela os resultados obtidos e a quinta contempla as principais conclusões e limitações do trabalho, bem como recomendações para futuras pesquisas.

2. Referencial teórico

Nesta sessão, apresentam-se os principais conceitos necessários para compreensão dos cálculos da capacidade Sigma para atributos dos estudos de caso em questão.

2.1. Processo

De acordo com Slack *et al.* (1999), processo é uma sequência de atividades organizadas que transformam as entradas (insumos) dos fornecedores em saídas (produtos) para os clientes com valor agregado gerado pela unidade. Em outras palavras, processo é o ato de criar valor para os *stakeholders* (indivíduos ou grupos direta ou indiretamente afetados por uma organização que procura alcançar determinado objetivo) (STONER & FREEMAN, 1985).

Na Figura 1, a seguir, ilustra-se a definição de processo.

Figura 1 – Processo (perspectiva gerencial)



Fonte: adaptado de Rotondaro *et al.* (2002)



Como se pode observar, o processo é o centro da dinâmica empresarial; é o elemento norteador para o sucesso da instituição. Daí a necessidade de visualizar as atividades que o compõem de forma inter-relacionada e interativa. Conhecer profundamente a dinâmica dessas atividades é condição essencial para melhor compreensão das práticas organizacionais, já que isso, evidentemente, auxilia o gestor a determinar prioridades, prevenir problemas, compreender os limites do capital humano etc.

2.2. Seis Sigma

Para Pande, Neuman e Cavanagh (2013), Seis Sigma 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 pela atenção diligente à gestão, melhoria e reinvenção dos processos de negócios.”

Segundo Linderman (2003), o Seis Sigma tem como princípio fundamental a redução contínua da variação dos processos, buscando eliminar os defeitos ou falhas nos produtos e serviços. Pande, Neuman e Cavanagh (2001) defendem que: “o Seis Sigma não é mais um modismo do mundo dos negócios, atrelado a um único método ou estratégia, mas, ao contrário, um sistema flexível para uma liderança e um desempenho de negócios melhorados”. Ele se baseia em muitas das ideias mais importantes de gestão e melhores práticas do século passado, criando uma nova fórmula para o sucesso dos negócios no século XXI.

Conforme Pyzdek (2003), a definição do Seis Sigma é “uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, que tem como objetivo aumentar drasticamente a lucratividade das empresas, por meio da melhoria da qualidade de produtos e processos e do aumento da satisfação de clientes e consumidores”.

Sua adoção ocorre somente em empresas de grande porte porque sua implementação requer investimentos significativos em recursos humanos (pessoal com formação técnica relevante e treinamentos específicos na metodologia Seis Sigma) e materiais (programas e equipamentos). Essa ponderação embasa-se no estudo de Wiele, Iwaarden e Power (2010), realizado com 132 organizações na Irlanda, o qual indica que metade das empresas que se valem do Programa são multinacionais de grande porte oriundas dos Estados Unidos. Os autores ressaltam que primeiramente as sedes das companhias adotaram o Seis Sigma e

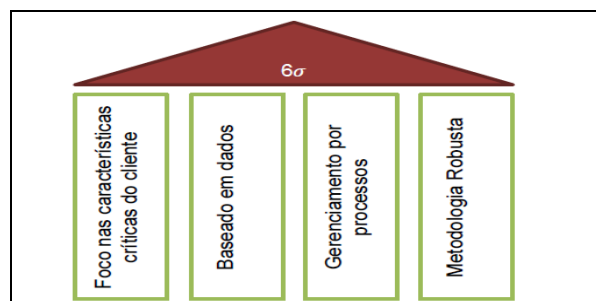
posteriormente as filiais e seus fornecedores também fizeram o mesmo, em virtude de o Programa oferecer uma resposta à pressão da concorrência e promover a diminuição de custo e a melhoria da eficiência.

O Programa apresenta várias características de programas tradicionais da área de Qualidade, tais como o pensamento estatístico e a análise e solução de problemas, o que gera uma preocupação com o uso sistemático das ferramentas estatísticas. Trata-se da promoção de um alinhamento estratégico da qualidade, desdobrado em projetos prioritários, com ênfase na relação custo-benefício dos projetos de melhoria, cujos ganhos, somam cifras expressivas.

Ressalte-se que a metodologia proposta é bastante disciplinada e prescritiva, direciona o desenvolvimento de processos, produtos e serviços com um índice de 3,4 defeitos por milhão. A letra grega Sigma (σ) é utilizada para representar o desvio padrão de distribuições: nessa ótica, um processo pode ser definido como Seis Sigma se possuir a medida de variação de 3,4 defeitos por milhão, ou seja, mais de 99,99966% da distribuição está dentro dos limites de especificação (PANDE; NEUMAN & CAVANAGH, 2001).

O Seis Sigma é, então, conforme já mencionado, uma metodologia estruturada de melhoria contínua da qualidade dos processos envolvidos na produção de um bem ou serviço, que leva em conta todos os aspectos importantes de um negócio. Seu objetivo é conseguir a excelência na competitividade, em busca da aproximação ao zero defeito (ROTONDARO *et al.*, 2002; PEREZ-WILSON, 2000), apoiado em quatro bases de sustentação, conforme representado na Figura 2:

Figura 2 – Bases do Seis Sigma



Fonte: adaptado de Rotondaro *et al.* (2002)

Nessa ilustração, entende-se que o Seis Sigma é um programa baseado na gestão por processos, com abordagem sistêmica e metodologia robusta de implementação que utiliza métodos estatísticos para identificação das causas de problemas e redução da variação. Em



síntese, o Seis Sigma tem foco nas características críticas da qualidade: busca a satisfação dos clientes e, conseqüentemente, o incremento da lucratividade.

Carvalho e Paladini (2005) assinalam que, apesar de o Seis Sigma ser um Programa relativamente novo de melhoria da qualidade, ele utiliza-se de ferramentas estatísticas conhecidas e implementadas há anos; além disso, a abordagem e a forma de implementação aplicadas são distintas e muito poderosas. Tal metodologia deu maior visibilidade ao uso do pensamento estatístico e dos métodos estatísticos, que indicam oportunidades de ganhos financeiros significativos ocasionados pela melhoria de desempenho organizacional.

Estudo de campo do tipo *survey* exploratório-descritivo, conduzido por Andrietta e Miguel (2007), com o objetivo de mapear a aplicação do Seis Sigma em 121 empresas brasileiras mostrou que: o Seis Sigma é uma realidade nas organizações nacionais de grande porte; existe investimentos significativos em recursos humanos e físicos; há treinamentos específicos na metodologia; e a busca dos benefícios financeiros almejados é alcançada. O trabalho também conclui que a empresa “típica” que adotou o Seis Sigma é do setor automotivo do estado de São Paulo e é de grande porte. A implantação da metodologia foi estratégica e em todas as áreas da organização, sendo que o objetivo foi diminuir os desperdícios para gerar retorno financeiro.

Essa metodologia é composta pelos métodos *Design for Six Sigma* (DFSS) e *Define, Measure, Analyze, Improve and Control* (DMAIC). O **DFSS** é empregado no desenvolvimento de novos produtos (bens ou serviços) e processos, sendo estruturado da seguinte forma: *definir, medir, analisar, projetar e verificar* (DMADV). O **DMAIC**, por sua vez, é o método mais difundido, utilizado para a melhoria de produtos e serviços existentes. É também denominado *Modelo para Melhoria de Performance* e é estruturado para atingir as metas de capacidade do Programa Seis Sigma por meio de cinco fases interligadas: *definir, medir, analisar, melhorar e controlar* (KWAK & ANBARI, 2006).

2.2.1. Capacidade Sigma para atributos

O estudo da Capacidade do Processo tem o objetivo de determinar se um processo é capaz de atender as especificações do cliente para um determinado produto ou serviço. Para tanto, os índices normalmente utilizados são: C_p , C_{pk} , P_p , P_{pk} (GUPTA, 2005 E ROTONDARO *et al.*, 2002).

A Capacidade Sigma de Processos para dados quantitativos contínuos, em processos estáveis e normalmente distribuídos, pode ser calculada conhecendo-se a média, o desvio-padrão (σ) e as especificações do processo. No caso de processos com dados por atributos, para o cálculo da Capacidade Sigma do Processo, deve-se conhecer o número de defeitos ou defeituosos (um ou mais defeitos em item) em um conjunto de dados para, então, calcular a fração defeituosa e assim desenvolver os cálculos da Capacidade Sigma para Atributos. Deve-se também conhecer o número de oportunidade de defeito por unidade que representa as distintas maneiras que uma unidade tem de se desviar da especificação previamente determinada (PANDE *et al.*, 2001).

Assim, o cálculo do número de defeitos por oportunidades (DPO) (ROTONDARO *et al.*, 2002) é dado pela equação:

$$DPO = \frac{n^{\circ} \text{ total de defeitos}}{n^{\circ} \text{ de oportunidades} * n^{\circ} \text{ de unidades processadas}}$$

Na Tabela de Estatística “Z” da normal reduzida, procura-se o valor calculado para o DPO e identifica-se o valor de “Z”, que significa a Capacidade Sigma de longo prazo (*Capacidade σ_{LP}*).

Como se quer conhecer a Capacidade Sigma de curto prazo (*Capacidade σ_{CP}*), é necessário ajustar o valor de “Z”, pois de acordo com os criadores do Seis Sigma, é difícil manter um processo sempre centralizado. No longo prazo, diversos fatores provocam o deslocamento da média para cima ou para baixo, geralmente não superando o valor de $1,5\sigma$, que deve ser adicionado a “Z” para revelar o valor para o curto prazo (PANDE *et al.* 2001).

Assim, tem-se:

$$\text{Capacidade } \sigma_{CP} = z + 1,5$$

Desse modo, é possível determinar qual o nível da Capacidade Sigma de um processo para dados por atributos.

3. Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho é o estudo de caso, uma estratégia muito eficiente quando questões do tipo *como* e *por que* são colocadas. Esse método é também bastante utilizado quando o pesquisador tem pouco controle sobre os acontecimentos e também pode-



se dizer que a análise qualitativa objetiva encontrar e aprofundar os questionamentos que abordam certos fenômenos (SAMPIERI, COLLADO, & LUCIO, 2006 e YIN, 2015).

Segundo Martins (2008): “o investigador deverá escolher uma técnica para coleta de dados necessários ao desenvolvimento e conclusões de sua pesquisa. Em um estudo de caso a coleta de dados ocorre após a definição clara e precisa do tema, enunciado das questões orientadoras, colocação das proposições – teoria preliminar – levantamento do material que irá compor a plataforma do estudo, planejamento de toda a pesquisa científica incluindo detalhado protocolo, bem como as opções por técnicas de coleta de dados nas organizações pesquisadas”.

O contexto da pesquisa é uma empresa multinacional de grande porte, aqui denominada Gama, atuante no segmento de Produtos de Limpeza e Cuidados Pessoais, com sede no Brasil, na cidade de São Paulo, e com filiais em mais dois estados brasileiros. Em 2013, o faturamento da organização foi de mais de 2,5 bilhões de dólares, sendo o Brasil responsável por uma parcela importante do faturamento total. A empresa está presente em mais de 150 países com fábricas e escritórios.

Os dados foram obtidos de janeiro a outubro de 2014, no processo de entrega dos pedidos recebidos pela instituição, os quais foram fornecidos pelo setor de Serviço ao Cliente. Na investigação, utilizou-se o indicador de desempenho Nível de Serviço, em virtude das melhorias de processo realizadas ao longo desse ano, que resultaram no incremento do nível de atendimento dos pedidos.

Observou-se que a alta diretoria da empresa estava voltada para a gestão por processos e meta de Seis Sigma. Com a implementação das melhorias no mês de março/2014, definiu-se o objetivo deste estudo: verificar a evolução da Capacidade Sigma do processo, evidenciada pela implementação de melhorias.

A análise dos dados realizou-se com base em pesquisa histórica, sendo eles comparados antes e depois de uma melhoria proposta pelos agentes do processo. Na sequência, procurou-se verificar se houve melhoria no indicador de desempenho organizacional, utilizando-se a Capacidade Sigma como indicador.

A empresa Iota é uma indústria siderúrgica multinacional, fabricante de aços longos (tubos, barras e lingotes), atuando nos mercados de óleo e gás, automotivo, estrutural e industrial. A



empresa foi instalada no Brasil na década de 50, na região de Minas Gerais, devido à proximidade geográfica da sua principal matéria prima, o minério de ferro.

A empresa possui uma usina no Brasil, responsável por alimentar toda a demanda do mercado nacional e algumas exportações, sendo essa uma usina integrada, o que significa que as suas entradas são o minério de ferro e o carvão, basicamente, e a sua saída são bens acabados ou de consumo, dependendo da aplicação.

Para a realização do estudo de caso, foi-se selecionado o tubo trefilado para fabricação de cilindro hidráulico. Os tubos trefilados são considerados de baixa importância pela alta gerência da empresa Iota devido ao fato da porcentagem de vendas dessa área ser menor do que a das demais.

Uma relação interessante que foi considerada na fase de identificação dos problemas encontrados na produção de tubos trefilados seria a diferença entre as dimensões da lupa e as dimensões finais do tubo. Essa relação auxiliou na obtenção de diversas informações a respeito do material e do processo, como: quantidade de passes de trefila que serão necessários; quantidade de tratamentos térmicos e químicos necessários; força de tração da banca; velocidade de tração da banca; custo (quanto mais complexo e lento for o processo, mais caro ele também será); qualidade superficial (quanto mais passes, mais lisas ficam as superfícies, pois o tubo é mais esticado no processo, eliminando as discordâncias na superfície).

Tomando-se tubo trefilado para fabricação de cilindro hidráulico como base, foi avaliado o atendimento ao longo de 10 meses do cliente Y da empresa Iota, onde se observou a quantidade atendida por mês de cada bitola, assumindo que o cliente faz compras de 1.900 Kg (lote mínimo) de tubo por bitola por remessa e possui tolerância de atendimento de até $\pm 20\%$ na quantidade fornecida.

Todos os pedidos foram atendidos, porém o que foi mensurado é o como foi dado o atendimento, onde consideramos atendimento não conforme, toda vez que a quantidade fornecida no mês era diferente de 1.900 Kg $\pm 20\%$ (ou seja, estava fora da faixa de 1.520 Kg a 2.280 Kg).

4. Resultados verificados nos estudos de caso

4.1 Estudo de caso da Empresa Gama

Os dados referentes aos meses de janeiro a outubro de 2014 são apresentados na Tabela 1, a seguir.

A quantidade solicitada corresponde à soma de todas as demais linhas da tabela, que contemplam: entregas com sucesso (quantidade enviada) e entregas com algum tipo de problema/defeito. A unidade utilizada é representada por caixas de produtos.

Tabela 1 – Dados referentes à situação dos pedidos

→ Número de unidades processadas

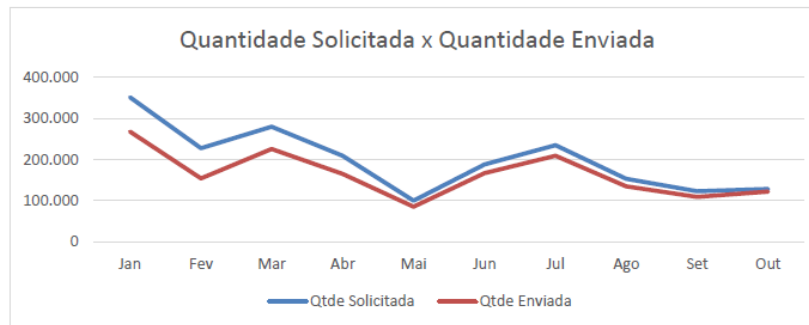
Status	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
Qtde Solicitada	351.847	227.254	279.737	209.152	99.394	187.790	234.768	152.791	122.224	127.903
Qtde Enviada	268.031	153.555	226.013	164.869	84.776	166.607	209.239	134.235	108.869	121.392
Pedidos em aberto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cota promocional	19.843	29.466	11.151	10.248	550	2.307	8.808	1.473	513	236
Falta de estoque	30.961	30.364	29.011	24.639	10.593	9.087	13.883	14.686	5.421	5.702
Cadastro divergente	4.616	4.668	3.433	1.552	2.535	1.153	927	557	918	573
Preço divergente	4.514	832	381	90	14	7.279	373	646	6.503	0
Devolução total	22.629	7.044	8.137	6.231	684	909	247	151	0	0
Devolução parcial	1.253	1.325	1.611	1.523	242	448	1.291	1.043	0	0

→ Números de defeitos para cada uma das 7 oportunidades de defeito

Fonte: Empresa Gama

Para se conhecer melhor os dados, é necessário verificar graficamente o comportamento da quantidade solicitada e da quantidade enviada. A Figura 3 demonstra a situação.

Figura 3 – Gráfico da quantidade solicitada *versus* enviada (janeiro a outubro/2014)



Fonte: Os autores

Em seguida, foram identificados os dados necessários para cálculo do DPO em cada um dos meses em estudo. Para se determinar a Capacidade Sigma, utilizou-se a Normal Reduzida “Z” e somou-se 1,5 ao resultado obtido para obtenção da Capacidade Sigma a curto prazo. Os resultados são mostrados na Tabela 2.

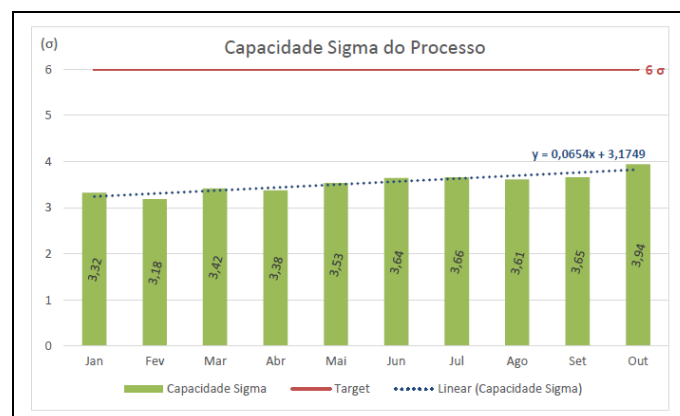
Tabela 2– Capacidade Sigma *versus* objetivo

Status	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
Objetivo	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Capacidade σ_{cp}	3,32	3,18	3,42	3,38	3,53	3,64	3,66	3,61	3,65	3,94

Fonte: Os autores

A partir dos dados da Tabela 2, elaborou-se um gráfico que permite visualizar a evolução da Capacidade Sigma da Empresa Gama, disponível na Figura 4.

Figura 4 – Capacidade Sigma do processo a curto prazo

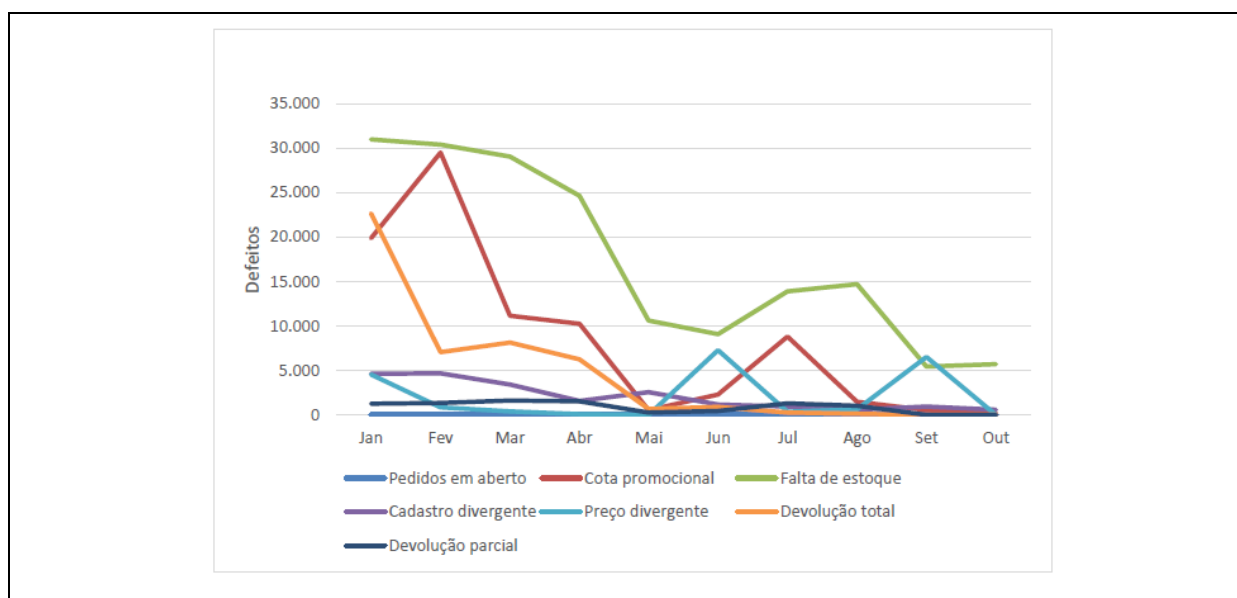


Fonte: Os autores

É possível confirmar graficamente a evolução da Capacidade Sigma do processo devido à implementação de melhorias adotadas desde Março de 2014. A expressão da linha de tendência indica o crescimento mensal médio de 0,0654 sigma. Observa-se que, tratando-se de uma empresa de serviços, o nível da Capacidade Sigma não é tão baixo em comparação com a média das indústrias, que é por volta de 4 sigma (ROTONDARO *et al.*, 2002).

A Figura 5 indica a rápida diminuição dos defeitos por oportunidade de falha.

Figura 5 – Decréscimo no número de defeitos por oportunidade de falhas



Fonte: Os autores

É possível observar que as ações de melhoria tiveram forte influência nas devoluções, tanto totais quanto parciais, pois ambas não apresentaram mais defeitos a partir de agosto, acompanhando o seu decréscimo na Tabela 1 e na Figura 5.

A falta de estoque e todos os demais indicadores apresentaram quedas na quantidade de defeito a partir do mês de Março de 2014. Sendo assim, deve-se continuar no processo atual de melhoria interativa, buscando-se corrigir os erros do processo atual com objetivo de acelerar e permitir que se atinja a meta de Seis Sigma.

4.2 Estudo de caso da Empresa Iota

4.2.1 Processo de fabricação na empresa Iota

Para realizar a análise do artigo foi necessário considerar todo o processo de produção do tubo trefilado para a fabricação de cilindro hidráulico. Tem-se que o processo produtivo desse



produto se inicia de maneira semelhante a todos os outros produtos da usina, com a entrada do minério de ferro, carvão e demais elementos de liga. O Minério de ferro é reduzido a ferro gusa, com o auxílio da matéria prima carvão, que tem a função de servir de combustível para o aquecimento do forno e tem o papel químico de reduzir o minério a ferro gusa.

O ferro gusa ainda líquido é “vazado” do alto forno para os carros torpedos, enormes vagões com o interior revestido de material refratário, que transportam esse ferro líquido para a Aciaria.

Na Aciaria, o ferro gusa é colocado em uma grande panela, onde são adicionados outros elementos de liga e o ferro sofre outra redução, e realiza novas ligações químicas, formando uma das diversas ligas de aço existentes.

Após a liga ser formada, ela é depositada no alimentador do lingotamento contínuo, um grande equipamento que tem a função de gerar os lingotes redondos para iniciar aos diversos processos de fabricação na usina e também às etapas de comercialização dos diversos produtos manufaturados. Para o produto analisado, os lingotes são enviados aos dois tipos de laminadores existentes na usina, o laminador automático e o laminador contínuo, sendo um destinado a bitolas menores de tubos e os outros a bitolas maiores, respectivamente. Ambas as unidades são diferentes, pois possuem épocas de criação, equipamentos e tecnologia bastante distintas, de forma que isso interfere na qualidade do produto final.

4.2.2 Laminador automático (LA)

Cada laminador tem o seu próprio processo. No caso o laminador automático (LA) os *billets* são colocados no forno de soleira caminhante, onde são aquecidos a aproximadamente 1.600 graus Celsius, ao longo do trajeto da esteira dentro do forno e saem do outro lado, diretamente para a esteira que alimenta o laminador perfurante. Após o *billet* ser perfurado, virando agora um tubo rústico incandescente, ele é transportado via esteiras automáticas para os laminadores obliquo, decapagem, forno de soleira caminhante, laminadores de redução, corte, leito de resfriamento e laminadores de acabamento.

4.2.3 Laminador contínuo (RK)

No caso laminador contínuo (RK), que é uma área mais nova, com equipamentos modernos e concepção mais sistêmica, os *billets* são todos acondicionados em uma esteira automática que



alimenta o forno rotatório que possui diferentes zonas de aquecimento controlado, possibilitando tratar ligas de aço diferentes ao mesmo tempo. Quando um lote *billet* está “tratado” termicamente, ou seja, foi aquecido o suficiente, o *billet* é “sacado” do forno e colocado na esteira para o laminador perfurante.

No caso do RK, o mandril após atravessar o *billet* é solto pelo equipamento, diferentemente do LA, onde o mandril retorna, isso possibilita uma operação mais rápida uma vez que, enquanto o *billet* e o mandril são colocados em esteiras separadas por mecanismos automáticos, a laminador já está sendo montado com outro mandril perfurante por outro dispositivo.

O resto do processo é similar ao da LA, a diferença está basicamente nos tamanhos que são fabricados. Os tubos laminados são a matéria prima dos tubos trefilados, e em qualquer processo, a qualidade do produto final depende da qualidade de matéria prima.

4.2.4 Tubos trefilados

Os tubos trefilados são produtos com maior valor agregado do que os tubos laminados, pois passam pelo processo de trefila, onde os tubos são deformados a frio, ficando com superfícies mais lisas, tolerâncias dimensionais mais restritas, e dimensões bem menores, propriedades mecânicas diferenciadas, possibilitando assim aplicações mais precisas, como fabricação de peças automotivas, peças para bens de consumo, tubos para condução de fluido em alta e baixa pressão e diversas outras aplicações.

O processo de trefila começa na recepção da matéria prima proveniente dos laminadores. Estas lupas (tubos laminados sem acabamento) terão as suas pontas apontadas, deformação na ponta que a deixa quadrada e estriada, e tratadas quimicamente. Este tratamento químico confere a superfície do material proteção contra corrosão e possibilita que ele escorregue.

Após o tratamento químico, os tubos são colocados no alimentador da banca de trefila, que prende a ponta do tubo que foi “apontada” e puxa esse tubo contra a outra extremidade da banca com o mandril no meio do tubo, através de uma fieira ou bocal. Neste processo de trefila, é possível modificar as dimensões e formas externas, bem como as internas, podendo transformar um tubo com perfil externo circular em sextavado com perfil interno circular, perfeito para fabricação de porcas.



4.2.5 Detalhamento do estudo de caso na empresa Iota

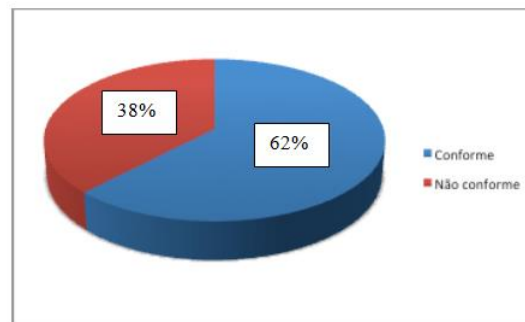
A empresa Iota é uma indústria siderúrgica multinacional, fabricante de aços longos (tubos, barras e lingotes), atuando nos mercados de óleo e gás, automotivo, estrutural e industrial. A empresa foi instalada no Brasil na década de 50, na região de Minas Gerais, devido à proximidade geográfica da sua principal matéria prima, o minério de ferro. A empresa possui uma usina no Brasil, responsável por alimentar toda a demanda do mercado nacional e algumas exportações, sendo essa uma usina integrada, o que significa que as suas entradas são o minério de ferro e o carvão, basicamente, e a sua saída são bens acabados ou de consumo, dependendo da aplicação.

Para a realização do estudo de caso, foi-se selecionado o tubo trefilado para fabricação de cilindro hidráulico. Os tubos trefilados são considerados de baixa importância pela alta gerência da empresa Iota devido ao fato da porcentagem de vendas dessa área ser menor do que a das demais.

Uma relação interessante que foi considerada na fase de identificação dos problemas encontrados na produção de tubos trefilados seria a diferença entre as dimensões da lupa e as dimensões finais do tubo. Essa relação auxiliou na obtenção de diversas informações a respeito do material e do processo, como: quantidade de passes de trefila que serão necessários; quantidade de tratamentos térmicos e químicos necessários; força de tração da banca; velocidade de tração da banca; custo (quanto mais complexo e lento for o processo, mais caro ele também será); qualidade superficial (quanto mais passes, mais lisas ficam as superfícies, pois o tubo é mais esticado no processo, eliminando as discordâncias na superfície).

Tomando-se tubo trefilado para fabricação de cilindro hidráulico como base, foi avaliado o atendimento ao longo de 10 meses do cliente Y da empresa Iota, onde se observou a quantidade atendida por mês de cada bitola, assumindo que o cliente faz compras de 1.900 Kg (lote mínimo) de tubo por bitola por remessa e possui tolerância de atendimento de até $\pm 20\%$ na quantidade fornecida. Todos os pedidos foram atendidos, porém o que foi mensurado é o como foi dado o atendimento, onde consideramos atendimento não conforme, toda vez que a quantidade fornecida no mês era diferente de 1.900 Kg $\pm 20\%$ (ou seja, estava fora da faixa de 1.520 Kg a 2.280 Kg). A Figura 6 apresenta os atendimentos considerados “conforme” e “não conforme” na empresa Iota.

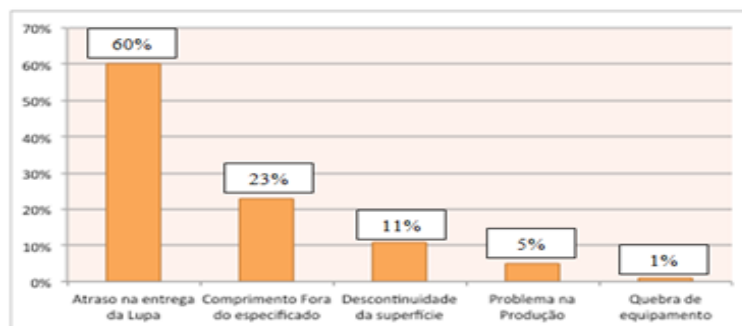
Figura 6 - Atendimentos Conformes e Não conformes



Fonte: Os autores

Percebe-se pela Figura 6 que no período de 10 meses analisados, 62% dos atendimentos atenderam as especificações, enquanto que 38% dos atendimentos estavam fora das especificações. Tem-se os 38% dos atendimentos não conformes, como um fator preocupante, necessitando de uma análise mais aprofundada. A Figura 7 indica os motivos da não conformidade do atendimento.

Figura 7 - Motivos da não conformidade do atendimento



Fonte: Os autores

A Figura 7 mostra um detalhamento maior da não conformidade dos atendimentos. Observa-se que o principal motivo da conformidade está relacionado ao atraso da entrega da lupa. Assim, tem-se que a empresa Iota deve se preocupar em buscar atender os seus pedidos dentro dos prazos especificados por seus clientes, evitando ao máximo os atrasos. Além disso, tem-se que os outros problemas que também devem ser verificados estariam relacionados ao comprimento fora do especificado, a descontinuidade da superfície, problemas na produção e quebra de equipamentos. Para o cálculo da capacidade sigma, tem-se que a situação apresentada envolve atributos. Em relação ao número de oportunidades de defeitos por unidade (O) tem-se os 5 seguintes já mencionados: Atraso na entrega da Lupa; Comprimento

fora do especificado; Descontinuidade da superfície; Problema na produção e; Quebra de equipamento.

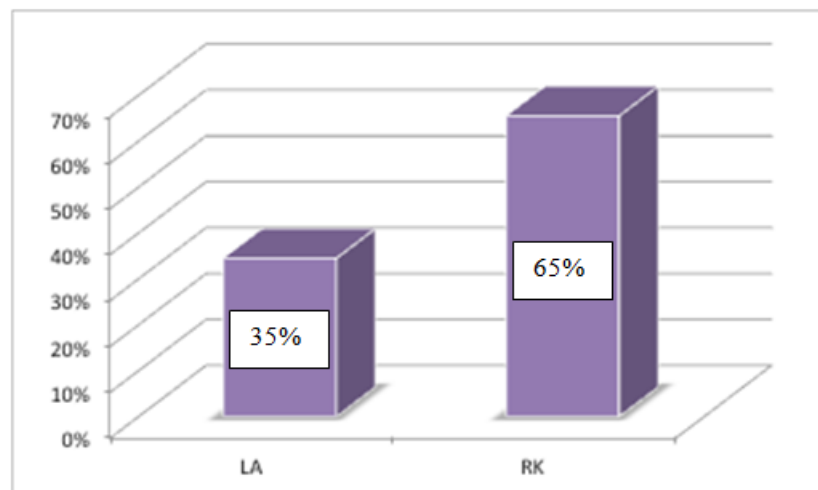
Para o número de unidades (N) tem-se que foram analisados, num período de 10 meses, 455 atendimentos, onde o número de defeituosos (D) foi de 172 atendimentos não conformes.

Tem-se DPO igual a 0,0756 e, portanto, um valor de z igual a 1,44.

Logo, a capacidade sigma do processo seria de 2,94, indicando problemas na qualidade do processo.

A Figura 8 mostra a porcentagem de laminadores LA e LK.

Figura 8 - Porcentagem de Laminadores LA e LK

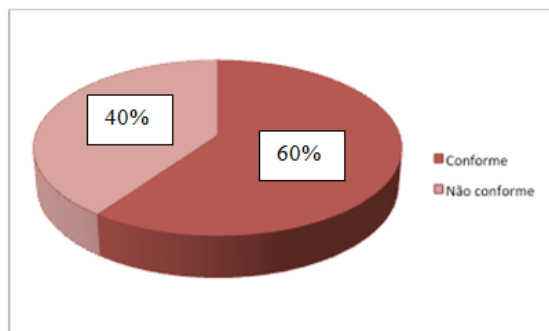


Fonte: Os autores

A Figura 8 mostra a porcentagem dos produtos que foram realizados nos laminadores LA e RK. Pode-se observar que a maior parte dos pedidos (65%) foi atendida utilizando o laminador contínuo (RK).

A Figura 9 demonstra os atendimentos conformes e não conformes do laminador automático (LA).

Figura 9 - Atendimentos Conformes e Não conformes do Laminador Automático (LA)



Fonte: Os autores

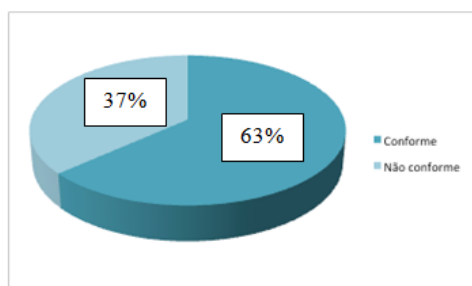
De acordo com a Figura 9, percebe-se que, assim como na análise geral, apesar da maior parte dos atendimentos serem estarem dentro das especificações, cerca de 40% está fora do que foi especificado, sendo uma parcela significativa da amostra de atendimentos.

Através do mesmo cálculo realizado na análise geral, tem-se que a capacidade sigma dos atendimentos realizados por meio do laminador automático (LA) é de 2,90. Observa-se que é bem próxima do valor da capacidade sigma calculada para todo o processo.

Para o laminador contínuo (RK), tem-se a seguinte análise:

A Figura 10 indica os atendimentos “conforme” e “não conformes” do laminador contínuo (RK).

Figura 10 - Atendimentos Conformes e Não conformes do Laminador Contínuo (RK)



Fonte: Os autores

Percebe-se pela Figura 10, que o laminador contínuo também apresenta porcentagens de conformidade semelhantes ao laminador automático, com apenas uma ligeira redução na quantidade de atendimentos não conformes. Os cálculos realizados indicaram uma capacidade sigma de 2,95, que é próxima das capacidades sigma calculadas anteriormente para todos os atendimentos e para os atendimentos realizados pelo laminador automático (LA).

Dessa forma, tem-se que a culpa principal da não conformidade do processo não está relacionada ao tipo de laminador usado durante a produção.

Uma vez eliminada a diferença entre os laminadores como motivo da não conformidade, parte-se para a busca de outras fontes causadora do problema. Sabe-se que o principal motivo da não conformidade é o atraso nas entregas, que pode estar sendo gerado pelas seguintes causas:

- Defeitos nos produtos produzidos, requerendo mais trabalho e tempo dos operadores de trefila para a execução de ações corretivas;
- Pedidos parcialmente atendidos, fazendo com que a entrega total se acumule com outros pedidos;
- Alguns comprimentos das Lupas não são otimizados para trefilar o produto final, mas para trefilar o laminador.

5. Conclusão

O processo analisado na empresa Gama apresentou uma evolução positiva após a implementação das melhorias ocorridas no processo, a qual refletiu no aumento da Capacidade Sigma para os meses em estudo após março de 2014. Outro ponto que também ficou evidente foi que as perdas devidas relativas à não entrega do volume reduziram, evidenciadas através da Capacidade Sigma, indicando que o pedido do cliente passou a ser atendido com maior nível de qualidade a cada mês. Além disso, é possível verificar que, após as melhorias implementadas, as quantidades de devoluções parciais e totais reduziram. Dessa forma, conclui-se que, ao longo dos períodos analisados, o que está sendo entregue não está retornando como devolução, o que é um ponto extremamente positivo, pensando-se em custo extra e relacionamento com o cliente. Conclui-se, finalmente, que as ações tomadas pela empresa Gama incrementaram a Capacidade Sigma do processo de entrega dos pedidos e devem ser continuadas, no intuito de acelerar o alcance da meta de Seis Sigma.

O processo analisado na empresa Iota atingiu o seu objetivo de compreender a situação atual da organização em relação ao seu nível de atendimento aos clientes por meio do cálculo da capacidade sigma do processo. A análise permitiu verificar que a capacidade sigma do processo está baixa, devido ao elevado número de atendimentos não-conformes. Sabe-se também que a principal desconfiança inicial do motivo dos problemas, que seriam os



diferentes tipos de laminadores, não tem relação com as não conformidades, já que os atendimentos realizados por ambos os laminadores possuem valores semelhantes de capacidade sigma. Como já foi mencionado os tubos trefilados na empresa Iota são considerados de baixa importância devido a menor porcentagem de vendas comparativamente às demais áreas, porém há o problema da imagem dos demais produtos serem afetados pela baixa qualidade de atendimento ao cliente. Dessa forma, como a culpa dos problemas de atendimento não está relacionado aos laminadores, tem-se que vários descuidos estão ocorrendo para que os atendimentos estejam apresentando resultados insatisfatórios.

O grupo de pesquisa, então, sugeriu algumas ações de melhoria para a empresa Iota: promover junto aos gerentes da laminação, reuniões para sensibilização e acompanhamento para tentar melhorar o atendimento à trefilaria, de forma a reduzir os atrasos; implantar inspeção por amostragem de lote no recebimento da saída dos laminadores e no recebimento da trefilaria, de forma que a peça a ser avaliada em cada lote por ambas as partes sejam diferentes entre si; verificar junto as áreas de produção, qualidade, manutenção e engenharia um meio de eliminar o problema de descontinuidade superficial.

Comparando-se os estudos de caso, pode-se perceber que a medição da capacidade Sigma, da metodologia Seis Sigma, é aplicável à uma empresa de serviço e também à uma organização industrial convencional, proporcionando às duas melhorias no desempenho organizacional.

Este estudo apresenta as limitações inerentes ao método de pesquisa adotado, portanto os resultados obtidos não podem ser generalizados para outros setores. Porém, acredita-se que possam contribuir significativamente para um maior e melhor entendimento dos fatores que exercem influências nos programas de melhoria da qualidade adotados nas empresas de diferentes setores.

Para um futuro trabalho, sugere-se que seja avaliado como a melhoria de processos pode proporcionar aumento no indicador de desempenho. Sugere-se, ainda, que levantamentos futuros sejam realizados em empresas no Brasil, objetivando-se a comparação dos resultados.

Referências Bibliográficas

ANDRIETTA, J. M., MIGUEL, P. A. C. Aplicação do programa Seis Sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo survey exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. **Gestão e Produção**, v. 14, n.2, p. 204-219, 2007.

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.

CARVALHO, M. M. & PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos**. Rio de Janeiro: Campus, 2005.

CHOW-CHUA, C. & GOH, M. Framework for Evaluating Performance and Quality Improvement in Hospitals. **Managing Service Quality**. Bedford. Vol. 12, número 1, p. 54-66, 2002.

GUPTA, P. **The Six Sigma Performance Handbook: a Statistical Guide to Optimizing Results**. New York: McGraw - Hill Professional, 2005.

KUAK, Y. H. & ANBARI, F. T. Benefits, Obstacles, and Future of Six Sigma Approach. **Technovation**. Vol. 26, p. 708-715, 2006.

LINDERMAN, K. et al. Six Sigma: a goal-theoretic perspective. **Journal of Operations Management**, v. 3, n. 21, p. 193-203, 2003.

PANDE, P. S., NEUMAN R. P. & CAVANAGH, R. R. **The Six Sigma Way**. Team Fieldbook: an implementation guide for process improvement teams. 2013.

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P. & CAVANAGH, R. R. **Estratégia Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PEREZ-WILSON, M. **Seis Sigma: Compreendendo o Conceito, as Implicações e os Desafios**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2000.

PYZDEK, T. 6-Sigma a um passo da perfeição. **HSM Management**. p.86-90, maio/junho, 2003.

ROTONDARO, R. *et al.* **Seis Sigma: Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**. São Paulo: Atlas, 2002.

SAMPIERI, R. H., COLLADO, C. F., & LUCIO, P. B. **Metodologia de Pesquisa**. 3. ed., São Paulo: McGraw Hill, 2006.

SEIFFERT, M. E. B. **Sistemas de gestão ambiental ISO 14001 e saúde e segurança ocupacional OHSAS 18001**. São Paulo: Atlas, 2010.



SHANKAR, N. K. ISO 9000: Integration Europe and North America. **European Quality**, p. 20-29, Sept. 2003.

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

STONER, J. A. F. & FREEMAN, R. E. **Administração**. Rio de Janeiro: Prentice Hall do Brasil, 1985.

WERKEMA, M. C. C. **Criando a Cultura Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, v. 1, 2002.

WIELE, T., IWAARDEN & J., POWER, D. Six Sigma Implementation in Ireland: the Role of Multinational Firms. **International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol. 27, No. 9, pp – 1054-1066, 2010.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. Porto Alegre: Bookmam, 2015.