

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

MAURICIO RODRIGUES SOARES

PROJETO SEIS SIGMA PARA REDUÇÃO DE TEMPO DE INSPEÇÃO
DIMENSIONAL PARA UMA LINHA DE PRODUTO DO SEGMENTO DE
ÓLEO E GÁS

São Paulo
2014

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

MAURICIO RODRIGUES SOARES

**PROJETO SEIS SIGMA PARA REDUÇÃO DE TEMPO DE INSPEÇÃO
DIMENSIONAL PARA UMA LINHA DE PRODUTO DO SEGMENTO DE
ÓLEO E GÁS**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para a obtenção do título de
Especialista em Gestão e Engenharia da
Qualidade – MBA / USP

Área de concentração:
Gestão e Engenharia da Qualidade

Orientador:
Prof. Dr. Adherbal Caminada Netto

São Paulo
2014

DEDICATÓRIA

A Patricia,
querida esposa,
companheira de jornada.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador professor Dr. Adherbal Caminada Netto, sempre disponível para orientação de seus alunos.

Aos meus pais e irmãos que sempre me incentivaram a evoluir nos estudos e na carreira profissional.

Aos colegas de curso pela ajuda nos momentos difíceis.

Aos meus colegas de trabalho que contribuíram significativamente com o desenvolvimento desse trabalho, em especial Paulo Araújo, Andreas Montfort e Bruno Breviglieri Alba.

Aos meus grandes amigos de longa caminhada, Delison e Wagner, por me ensinarem os caminhos do conhecimento.

E aos meus lindos filhos, por entenderem o tempo de ausência.

“Somente a prática do conhecimento agrega valor”

Vicente Falconi Campos (1994)

RESUMO

A presente monografia apresenta o desenvolvimento de um projeto Seis Sigma realizado em uma empresa do ramo de óleo e gás localizada no estado de São Paulo.

O projeto desenvolvido focou na redução de tempo da fabricação de um determinado produto desse segmento, já que, após mapeamento dos interesses e requisitos dos clientes, esse tema foi considerado crítico pela companhia. Dentre os processos associados à fabricação desse produto, o projeto abordou especificamente a etapa de inspeção dimensional.

Na condução do referido projeto, todos os passos foram baseados na metodologia DMAIC, que compreende as fases de definição, medição, análise, melhoria e controle. Como resultado, o projeto reduziu em 50% o tempo de inspeção dimensional e reduziu significativamente a variação do processo, trazendo, por consequência, impacto financeiro e aumento de competitividade esperado pela organização em projetos Seis Sigma.

Palavras chave: Seis Sigma. Melhoria Contínua. Inspeção Dimensional.

ABSTRACT

The current monograph presents one Six Sigma project carried out in an oil and gas business company located in São Paulo.

The project focused on reducing manufacturing cycle time of one specific product line of this oil and gas segment, once customer needs and requirements have been mapped and that subject was considered critical to the company. Among all steps of this specific manufacturing process, the project has focused specifically on dimensional inspection portion.

During the conduction of the mentioned project, all steps have been based on DMAIC methodology, which drives the following phases: define, measure, analyze, improve and control. As output, the project reduced in 50% the dimensional inspection cycle time and reduced the process variation significantly, bringing, as consequence, financial and competitive impact expected by the company in Six Sigma projects.

Key words: Six Sigma. Continuous Improvement. Dimensional Inspection.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Alinhamento estratégico dos projetos Seis Sigma	19
Figura 2 – Mapa do processo	42
Figura 3 – Diagrama de Ishikawa	46
Figura 4 – Matriz esforço x impacto	47
Figura 5 – Antes x depois: Preparação dos instrumentos	51
Figura 6 – Antes x depois: Processo de inspeção propriamente dito	52
Figura 7 – Antes x depois: Emissão do relatório	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Escala Sigma	21
Tabela 2 – Tópicos para seleção de projetos	29
Tabela 3 – Equipe do projeto	41
Tabela 4 – Cronograma do projeto	41
Tabela 5 – Definição das características críticas	43
Tabela 6 – Plano de ação	50
Tabela 7 – Síntese das melhorias	50
Tabela 8 – Comparativo antes x depois (Ganhos do projeto)	54

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Entrega no Prazo – Manufatura	39
Gráfico 2 – Entrega no Prazo - Produto D	40
Gráfico 3 – Teste de Normalidade (pré melhoria).....	43
Gráfico 4 – Capacidade do Processo (pré melhoria).....	44
Gráfico 5 – Diagrama de Pareto - Tempo de Inspeção.....	45
Gráfico 6 – Teste de Normalidade (pós melhoria).	53
Gráfico 7 – Capacidade do Processo (pós melhoria).....	54
Gráfico 8 – Gráfico boxplot (pós melhoria).....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CTQ	Do ingles: <i>Critical to quality</i>
DMAIC	Do inglês: <i>define, measure, analyze, improve, control</i>
DOE	Delineamento de experimentos
IT	Instrução Técnica
LIE	Limite Inferior de Especificação
LSE	Limite Superior de Especificação
MBB	Do ingles: <i>Master Black Belt</i>
PPM	Partes por milhão
RFI	Roteiro de Fabricação e Inspeção
RNC	Relatório de não-conformidade
USD	Moeda americana (<i>United States Dollar</i>)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Objetivo.....	14
1.2 Escopo.....	14
1.3 Estrutura do trabalho	14
2 PROGRAMA SEIS SIGMA	16
2.1 História do Seis Sigma	16
2.2 Fundamentos do Seis Sigma	17
2.2.1 O Que é Seis Sigma	17
2.2.2 Principais características	18
2.2.2.1 Disciplina metodológica.....	18
2.2.2.2 Alinhamento estratégico	19
2.2.2.3 Abordagem estatística	20
2.2.2.4 Trabalho em equipe	22
2.3 Metodologia DMAIC.....	27
2.3.1 Definir.....	27
2.3.2 Medir	29
2.3.3 Analisar	30
2.3.4 Melhorar	31
2.3.5 Controlar	32
2.4 Fatores para o sucesso do programa Seis Sigma.....	33
2.4.1 Envolvimento de todos	34
2.4.2 Disciplina	34
2.4.3 Visão de gerenciamento de projeto	35
2.4.4 Celebração do sucesso	35
3 ESTUDO DE CASO	37
3.1 Sobre a empresa	37
3.1.1 Histórico	37
3.1.2 Estrutura	37
3.1.3 Programa de melhoria contínua	37

3.2 Projeto	38
3.2.1 Definindo o problema	38
3.2.1.1 Equipe de trabalho	40
3.2.1.2 Cronograma do projeto	41
3.2.2 Medindo o problema	42
3.2.3 Analisando os dados	44
3.2.4 Implementando a solução	47
3.2.5 Controlando o processo	55
4 CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

1.1 Objetivo

O objetivo desse trabalho é desenvolver um projeto Seis Sigma para redução de tempo de inspeção dimensional de um determinado produto do segmento de óleo e gás. Tal projeto está associado à necessidade de melhoria contínua dos processos produtivos com o intuito de maximizar resultados financeiros, aumentando competitividade e trazendo, como consequência, crescimento sustentado da organização.

1.2 Escopo

O escopo está delimitado no processo de inspeção dimensional de uma determinada linha de produto específica da companhia (Suspensor de Revestimento), e foi adotado o modelo Seis Sigma para desenvolvimento do projeto de melhoria.

1.3 Estrutura do trabalho

Inicialmente o assunto foi abordado considerando os conceitos teóricos já apresentados em bibliografia devidamente selecionada. Foi explorado o conceito de Seis Sigma, bem como seu histórico, fundamentos, metodologia e fatores que tornam o programa Seis Sigma uma ótima maneira de conduzir iniciativas de melhoria contínua em processos corporativos.

Uma vez conhecidos os pormenores do Seis Sigma, um estudo de caso foi utilizado como maneira didática de apresentar os detalhes do desenvolvimento do projeto específico no contexto real da empresa escolhida. Após uma breve visão panorâmica sobre a empresa, relatando seu histórico, estrutura, programa de melhoria contínua e informações relevantes, é apresentado o passo a passo do

projeto desenvolvido sobre o modelo metodológico DMAIC (Do inglês: *define, measure, analyze, improve, control*).

Por fim uma conclusão apresenta os benefícios do projeto bem como seus desdobramentos em termos de disseminação e impacto de uma cultura de melhoria contínua baseada na metodologia Seis Sigma, bem como os ganhos acadêmicos associados ao desenvolvimento do trabalho.

2 PROGRAMA SEIS SIGMA

O presente capítulo aborda toda teoria que serviu de base para o desenvolvimento do projeto mencionado no estudo de caso dessa monografia. Baseado em uma literatura devidamente selecionada, aborda desde a história do Seis Sigma bem como conceitos e características que o definem, passando pelo detalhe da metodologia DMAIC e na apresentação dos segredos do sucesso de um programa Seis Sigma nas organizações que utilizam desses princípios para obterem resultados financeiros significativos.

2.1 História do Seis Sigma

Embora já esteja documentada a aplicação de métodos para melhoria e controle estatístico de processos desde a década de 30 do século XX, foi na década de 1980 que, na Motorola, originou-se um modelo estruturado de melhoria de processos que aliou uma nova abordagem ao que já existia, unindo gestão e liderança a abordagens estatísticas proporcionando um sistema de gestão gerador de aumento de qualidade e níveis impressionantes de retorno financeiro. (GYGI; DECARLO; WILLIAMS, 2008).

Com o sucesso do programa na Motorola, o então presidente da organização Robert Galvin empenhou-se em disseminar o conhecimento, possibilitando que grandes empresas como Texas Instruments, Asea Brown Boveri, Allied Signal e General Electric logo aplicassem o método Seis Sigma, implementando o programa que traria bilhões de Dólares em benefícios para seus negócios ao longo de alguns anos. De acordo com Gygi; DeCarlo e Williams (2008) “Em 2000, muitas das maiores corporações do mundo aderiram à iniciativa Seis Sigma e, em 2003, foram calculados mais de 100 bilhões de Dólares em economias combinadas”.

Com o passar do tempo algumas das referidas empresas foram acumulando prêmios reconhecidos mundialmente, trazendo notoriedade para a nova filosofia que acabou conquistando espaço na American Society for Quality (Sociedade Americana

para a Qualidade), bem como em grandes universidades que passaram a disponibilizar cursos específicos para discutir a aplicação da metodologia. Muitos *softwares* começaram a ser produzidos para facilitar a utilização do Seis Sigma, além de muitos livros serem publicados também com o intuito de comunicar e espalhar os detalhes de uma nova maneira de atingir o processo de melhoria contínua dentro das organizações. (GYGI; DECARLO; WILLIAMS, 2008).

2.2 Fundamentos do Seis Sigma

2.2.1 O Que é Seis Sigma

É difícil definir Seis Sigma em uma palavra ou expressão, mas de acordo com Rotondaro et al. (2008), trata-se de uma filosofia de trabalho que busca maximização de resultados bem como sucesso comercial através do entendimento das necessidades dos clientes, sejam eles internos ou externos, associados também ao foco no produto e na redução da variabilidade dos processos, sendo o objetivo do programa Seis Sigma alcançar a excelência competitiva por meio da melhoria contínua dos processos. A terminologia Sigma define o quanto um determinado processo está livre de produzir não-conformidades, sendo um processo Seis Sigma capaz de entregar aos clientes resultados numa taxa de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades, o que representa 99,99966% de perfeição.

Ainda utilizando os conceitos apresentados por Rotondaro et al (2008), o programa Seis Sigma utiliza-se de ferramentas e metodologia rigorosa para definir os problemas, medir o processo através da obtenção de dados, analisar os dados adquiridos, estabelecer e implementar as melhorias necessárias e controlar os processos. Essa metodologia denominada DMAIC será apresentada em detalhes na sequência dessa monografia.

Adicionalmente, conforme Gygi; DeCarlo e Williams (2008), busca-se através do Seis Sigma a melhoria de desempenho, aumentando a receita, a competência e a capacidade dos processos, melhorando a satisfação dos clientes e reduzindo

continuamente os custos, a complexidade dos processos, os tempos de ciclos e a quantidade de defeitos e erros. Em poucas palavras, “Seis Sigma é uma metodologia para minimizar erros e maximizar valor”. (GYGI; DECARLO; WILLIAMS, 2008).

2.2.2 Principais características

Como foi dito anteriormente, é difícil definir o Seis Sigma em uma palavra ou expressão, sendo assim, conhecer algumas características ajudará a compreender melhor os fundamentos dessa filosofia naquilo que a diferencia dos demais programas para melhoria de processos. Dentre essas características, se destacam disciplina metodológica, alinhamento estratégico, abordagem estatística e trabalho em equipe.

[...] o modelo de Gestão da Qualidade Seis Sigma é uma estratégia gerencial disciplinada, caracterizada por uma abordagem sistêmica e pela utilização intensiva do pensamento estatístico, que tem como objetivo reduzir drasticamente a variabilidade dos processos críticos e aumentar a lucratividade das empresas, por meio da otimização de produtos e processos, buscando satisfação de clientes e consumidores. (CARVALHO et al., 2012)

Essas características são apresentadas com mais detalhes a seguir.

2.2.2.1 Disciplina metodológica

Os grandes resultados alcançados pelo programa Seis Sigma são devidos também à disciplina necessária para a apropriada utilização da metodologia e ferramentas associadas a cada etapa do processo de melhoria. De acordo com Carvalho et al. (2012) “[...] Diversas ferramentas são utilizadas de maneira integrada às fases do DMAIC, constituindo um método sistemático, disciplinado [...]”. Gygi; DeCarlo e Williams (2008) mencionam a importância da disciplina dizendo que o Seis Sigma é

aplicado por pessoas que assumem papéis e responsabilidades como praticantes disciplinados.

Sem a devida disciplina os projetos podem não alcançar os resultados esperados, pois em algum momento pode ter sido negligenciada a utilização de um determinado conceito ou ferramenta exigido pela filosofia do programa Seis Sigma.

2.2.2.2 Alinhamento estratégico

O Programa Seis Sigma deve ser suportado por um forte alinhamento entre a estratégia corporativa e a área da qualidade da empresa. As estratégias de negócio da empresa devem ser desdobradas em portfólios de projetos que garantirão que as iniciativas de melhoria nos diversos processos corporativos estejam diretamente ligados aos interesses estratégicos da própria organização. A figura 1 ilustra essa necessidade, indicando a relação entre as estratégias gerenciais no alto da pirâmide desdobradas em portfólios que agrupam os projetos Seis Sigma propriamente ditos. (CARVALHO et al., 2012).

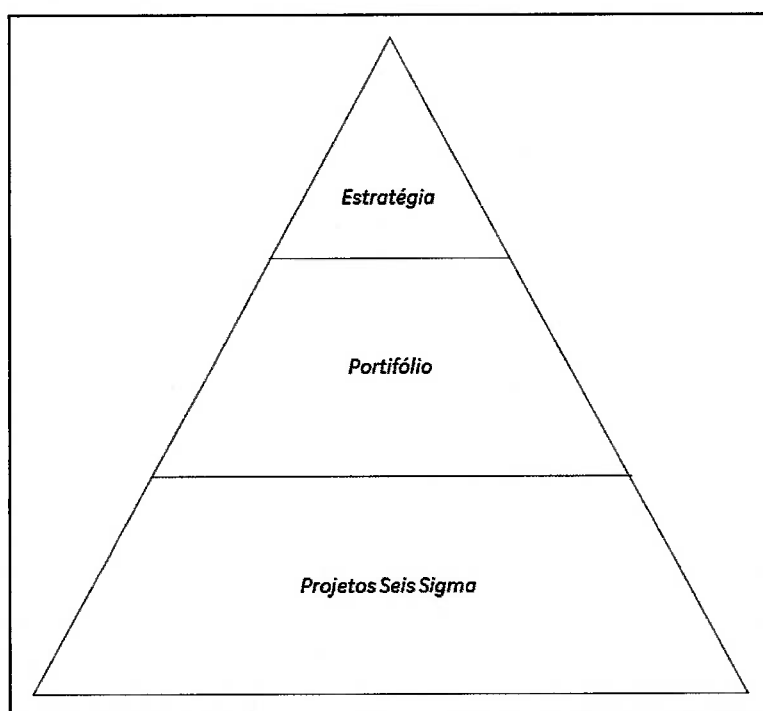


Figura 1 – Alinhamento estratégico dos projetos Seis Sigma

Fonte: Carvalho, 2012

Ainda segundo Carvalho et al. (2012), esse alinhamento entre os projetos e as estratégias de negócio da empresa é fundamental na medida em que facilita o correto direcionamento de recursos da companhia. Um determinado projeto só entraria no portfólio de projetos da empresa com a garantia de viabilidade baseada nos imperativos estratégicos da organização, resultando não apenas na melhoria da eficiência, mas na eficácia da empresa, alcançando a vantagem competitiva desejada.

Rotondaro et al (2008) também enfatiza a necessidade de alinhamento com as estratégias da empresa ao mencionar a importância de uma harmoniosa integração entre gerenciamento por processos e gerenciamento por diretrizes sem desviar o foco das necessidades dos clientes, dos processos críticos e nos resultados corporativos.

“Nesse sentido enxergar as atividades de melhoria da qualidade segundo uma visão mais ampla de projetos que tenham impacto no negócio e estejam alinhados às estratégias de negócios das empresas foi uma das contribuições dos programs Seis Sigma.”

Segundo Pinto (2005) as companhias investem quantias significativas em diversos programas de melhoria da qualidade e possuem enormes dificuldades para avaliar o impacto estratégico, bem como o respectivo valor agregado. Pinto (2005) enfatiza que as empresas que implantaram o programa Seis Sigma são as de maior tradição em qualidade e que mais investiram na adoção de programas e obtiveram sucesso nos indicadores de desempenho.

2.2.2.3 Abordagem estatística

De acordo com Rotondaro et al (2008), a filosofia Seis Sigma trabalha com uma rigorosa metodologia que se utiliza de ferramentas e métodos estatísticos com o objetivo de alcançar processos ótimos, o que através do DMAIC gerará um ciclo de melhoria contínua. Segundo ele, trata-se da aplicação de ferramentas estatísticas para avaliar o desempenho em relação a uma especificação ou tolerância.

Comentando sobre a abordagem estatística no programa Seis Sigma, Carvalho et al. (2012) mencionam:

“Um dos elementos mais marcantes deste programa é a adoção estruturada do pensamento estatístico. O uso intensivo de ferramentas estatísticas e a sistemática análise da variabilidade são as marcas registradas deste programa, que lhe conferiu o nome Seis Sigma, significando, em linguagem estatística, seis desvios padrão... essa é uma métrica de capacidade que implica um processo praticamente isento de erros, ou seja, com 3,4 defeitos por milhão de oportunidades.”

Conforme Gygi; DeCarlo e Williams (2008), o termo Seis Sigma vem justamente da abordagem estatística adotada pelo programa. Portanto, estatisticamente falando, a escala sigma é uma medida aceita universalmente para dizer o quão bom está o desempenho de determinada característica de um processo quando comparada aos seus requisitos. A tabela 1 define a escala sigma e sua relação com defeitos por milhão de oportunidades.

Escala Sigma		
Sigma	Porcentagem Defeituosa	Defeitos por Milhão
1	69%	691462
2	31%	308538
3	6,7%	66807
4	0,62%	6210
5	0,023%	233
6	0,00034%	3,4
7	0,0000019%	0,019

Tabela 1 – Escala Sigma

Fonte: Adaptado de Gygi; DeCarlo e Williams (2008)

Quanto maior o nível sigma de determinado processo, menor a quantidade de defeitos por milhão de oportunidade. Portanto, com essa abordagem estatística, o

Seis Sigma pretende diminuir ao máximo a possibilidade de ocorrência do defeito, conferindo ao processo o maior nível sigma possível.

2.2.2.4 Trabalho em equipe

Uma outra característica importante do Seis Sigma que merece uma atenção especial é a quantidade de pessoas envolvidas nesse processo, abrangendo especialidades de ordem gerencial e técnica, que desempenham seu papel de acordo com os princípios da metodologia, devendo ser treinados para isto. O Seis Sigma busca envolvimento das melhores pessoas, usando as palavras de Gygi; DeCarlo e Williams (2008):

A natureza rigorosa de um desdobramento Seis Sigma força uma organização a chamar as melhores pessoas para participar. Quando você está envolvido em uma iniciativa Seis Sigma, você está trabalhando com o melhor e mais brilhante, você é parte de uma cadeia estruturada de talentos que trabalha unida, marchando para atingir as metas de avanço da melhoria Seis Sigma. (GYGI; DECARLO; WILLIAMS, 2008).

Rotondaro et al (2008) corrobora com o descrito acima quando menciona que a constituição de uma equipe é fundamental para o sucesso do programa Seis Sigma já que ele é desenvolvido essencialmente por pessoas, e ressalta que essas pessoas devem ter tempo para estudar e trabalhar nos grupos Seis Sigma.

Tentando capturar o místico do exercício da disciplina e habilidade, foi utilizada a analogia com as artes marciais apoderando-se de termos como Black Belt, Green Belt e Yellow Belt, entre outras variações possíveis. Essa analogia provém das raízes do programa Seis Sigma, quando na Motorola, ainda na década de 1990, houve a necessidade de se resolver um problema complexo em uma produção de quadros de circuito multicamadas em larga escala e, após um longo dia de trabalho, tiveram a ideia de chamar os engenheiros envolvidos na solução do problema com o termo Black Belt, referindo-se à demonstração de habilidade e disciplina demonstrada na execução do trabalho. A terminologia se fixou e, embora não

universalmente aceita, é utilizada na grande maioria das empresas e literaturas que utilizam ou abordam o programa Seis Sigma (GYGI; DECARLO; WILLIAMS, 2008).

Adiante menciona-se algumas características dos principais membros de um programa Seis sigma como o Executivo Líder, o Campeão, o Master Black Belt, o Black Belt e o Green Belt.

2.2.2.4.1 Executivo líder

A figura do Executivo Líder é fundamental no programa Seis Sigma na medida em que é o responsável pela implantação do programa, representando a voz da alta administração que está bancando e incentivando a iniciativa por toda a organização. Segundo Rotondaro et al (2008), o Executivo Líder:

- Responsabiliza-se pela implantação do Seis Sigma
- Compromete-se para o sucesso da implantação da estratégia de melhoria, pois em essência o Seis Sigma é um programa “*top down*”
- Conduz, incentiva e supervisiona as iniciativas Seis Sigma em toda a empresa
- Verifica os benefícios financeiros alcançados com os projetos Seis Sigma
- Seleciona os executivos (diretores e gerentes) que desempenharão o papel de campeões

2.2.2.4.2 Campeão

Segundo Rotondaro et al (2008), a figura do campeão se faz necessária normalmente em empresas grandes com várias divisões, e desempenham as seguintes funções:

- Possui a função de liderança dos executivos-chave
- Organiza e guia o começo, o desdobramento e a implementação do Seis Sigma por toda a organização

- Compreende as teorias, princípios e práticas do Seis Sigma
- É capaz de pavimentar o caminho para as mudanças necessárias
- Define as pessoas que irão disseminar os conhecimentos sobre o Seis Sigma por toda a empresa

2.2.2.4.3 Master Black Belt

Segundo Gygi; DeCarlo e Williams (2008), os Master Black Belts (MBB) são os especialistas no programa Seis Sigma e tem como responsabilidade treinar, capacitar e mentorar Black Belts e Green Belts no conhecimento e utilização dos conceitos e metodologia Seis Sigma. Possuem no currículo treinamento Seis Sigma bem como conhecimento profundo da organização.

Rotondaro et al (2008) afirma que essa função também é típica em empresas grandes, desempenhando as seguintes funções:

- Ajudar a inculcar a implantação do Seis Sigma dentro da organização
- Responsabiliza-se pela criação de mudanças na organização
- Ajudar os campeões na escolha de novos projetos de melhoria
- Oferece liderança técnica do preparo de Seis Sigma
- Dedica 100% de seu tempo para o Seis Sigma
- Recebe treinamento intensivo
- É preparado para a solução de problemas estatísticos
- Possui a habilidade de comunicação e ensino
- Treina e instrui Black Belts e Green Belts

2.2.2.4.4 Black Belt

Os Black Belts são especialistas que detém o conhecimento de toda a metodologia e suas ferramentas, sendo respeitados pelos demais funcionários da organização por possuírem tal conhecimento para direcionar os processos de melhoria nos casos mais complexos. As empresas que adotam o programa geralmente optam por ter

entre 1 e 2% do número total de funcionários atuando na função de Black Belt por tempo integral. Algumas responsabilidades dos Black Belts conforme Gygi; DeCarlo e Williams (2008):

- Implementar projetos Seis Sigma com retorno financeiros superiores à 150.000 Dólares (até quatro projetos por ano)
- Treinar membros do projeto Seis Sigma nos métodos e ferramentas fundamentais do programa
- Descobrir oportunidades para desenvolvimento de novos projetos Seis Sigma

Complementando com as considerações de Rotondaro et al (2008), os Black Belts são funcionários-chave no programa Seis Sigma juntamente com os Green Belts e, trabalhando sob o comando do Master Black Belt, possuem as seguintes características:

- Iniciativa, entusiasmo e habilidades de relacionamento interpessoal e comunicação
- Motivação para alcançar resultados e efetuar mudanças
- Influência no setor em que atuam
- Habilidade para trabalhar em equipe
- Excelente conhecimento técnico de sua área de trabalho
- Aplicam as ferramentas e os conhecimentos do Seis Sigma em projetos específicos
- Recebem treinamento intensivo em técnicas estatísticas e de solução de problemas
- Treinam os Green belts
- Orientam os Green Belts na condução dos grupos

Ainda segundo Rotondaro et al (2008), os Black Belts desempenham as seguintes ações:

- Caracterizar e otimizar os processos-chave que influenciam o negócio
- Identificar e executar projetos que ajudem a reduzir erros e defeitos nos processos, produtos e serviços

- Envolver-se em atividades orientadas a reduzir trabalho, materias, tempo de desenvolvimento e inventários
- Ajudar na solução de problemas, identificando e enfocando os fatores responsáveis pelas saídas incorretas dos processos

2.2.2.4.5 Green Belt

Os Green Belts são funcionários que desempenham alguma atividade de liderança ou não especialistas em determinados processos que, além de suas funções oficiais, investem parte de seu tempo no desenvolvimento de projetos Seis Sigma para melhoria de atividades correlacionadas aos processos onde trabalham. Representam geralmente entre 5 e 10% da organização e se responsabilizam, conforme Gygi; DeCarlo e Williams (2008), por:

- Implementar projetos Seis Sigma com retorno financeiro de aproximadamente 35.000 Dólares (até dois projetos por ano)
- Liderar projetos de melhoria departamentais ou interfuncionais que não exigem dados complexos e análise estatística profunda
- Descobrir oportunidades para desenvolvimento de novos projetos Seis Sigma

Segundo Rotondaro et al (2008), os Green Belts pertencem normalmente à média chefia da empresa e desempenham as seguintes funções:

- Auxiliar os Black Belts na coleta de dados e no desenvolvimento de experimentos
- Liderar pequenos projetos de melhoria em suas respectivas áreas de atuação

Algumas empresas ainda cascadeiam algumas funções para funcionários denominados Yellow Belts e White Belts, mas mesmo sendo menos usuais, não fogem da filosofia do programa Seis Sigma de preparar adequadamente as pessoas envolvidas nos projetos de melhoria já que, conforme Rotondaro et al (2008), “[...] treinar os colaboradores na metodologia Seis Sigma é o caminho para uma companhia conseguir melhorar dramaticamente seus processos”.

2.3 Metodologia DMAIC

O programa Seis Sigma é baseado na metodologia DMAIC, que agrega uma série de ferramentas que devem ser utilizadas de maneira sistemática e disciplinada, obtendo assim os resultados almejados pela companhia. Essa sigla, em inglês, faz referência as iniciais dos termos definir, medir, analisar, melhorar e controlar (*define, measure, analyze, improve, control*). Aborda-se na sequência os pormenores de cada etapa dessa metodologia.

2.3.1 Definir

O primeiro passo no desenvolvimento de um programa de melhoria está associado a uma correta e clara definição dos requisitos do cliente e a transformação desses requisitos em Características Críticas para a Qualidade, abreviada nessa metodologia como CTQ (*Critical to Quality*). Sendo definidos a partir da visão e necessidade diretas do cliente, os objetivos dos projetos de melhoria bem como seus desdobramentos devem estar diretamente relacionados a essas características. (CARVALHO et al., 2012).

Após a definição daquilo que é essencial para o cliente, faz-se necessário identificar os processos críticos dentro da organização que se relacionam de maneira direta com os CTQ, como exemplo: entrega no prazo, reclamação do cliente, desenvolvimento de tecnologias, custo/qualidade do produto, etc. (CARVALHO et al., 2012).

De acordo com Rotondaro et al (2008), abaixo lista-se alguns fatores geradores da necessidade de um projeto:

- Demanda de mercado
- Necessidade do negócio
- Exigência do cliente
- Necessidade de avanço tecnológico

➤ Exigência legal

Conhecido aquilo que é crítico para a qualidade do ponto de vista do cliente, bem como os processos críticos diretamente relacionados a eles, cabe priorizar adequadamente os processos problemáticos que carecem de uma atenção especial em um projeto de melhoria específico. Nesse processo de priorização, o fator custo benefício do projeto deve ser avaliado de maneira que a empresa tenha a visualização precisa do retorno que ela terá com o desenvolvimento do projeto, tais como retornos financeiros e impactos na competitividade de seus produtos. Citando Rotondaro et al (2008):

“Uma vez que a empresa conhece o que é crítico para a qualidade, deve promover projetos Seis Sigma para garantir que seu desempenho nesses requisitos seja classe mundial, reduzindo sistematicamente a variabilidade desses processos.” (ROTONDARO et al., 2008)

Assim, com um rigoroso processo de seleção, surge um projeto de melhoria dentro de um programa Seis Sigma, como indicado na tabela 2.

Etapas	Questões
Identificar as CTQs internas e externas	• Quais são os critérios ganhadores de pedido? • A análise dos critérios competitivos está focada nos clientes preferenciais? • Os processo críticos da organização foram mapeados? • As CTQs têm um defeito identificável, sendo possível mensurar o impacto do projeto?
Identificar lacunas de desempenho (gaps)	• Existe risco de perda de competitividade com os atuais níveis de desempenho? • O desempenho atual apresenta uma lacuna significativa (gap) em relação aos concorrentes? • Nosso desempenho é pior que o dos concorrentes nas CTQs?
Determinar se o escopo e a amplitude do projeto são gerenciáveis	• O projeto tem apoio e recursos adequados proporcionados pelas partes interessadas (<i>stakeholders</i>)? • Os recursos disponíveis são suficientes para concluir com sucesso o projeto? • Qual o horizonte de tempo necessário para concluir o projeto? • Existem muitas áreas envolvidas no projeto? • Os "donos" dos processos envolvidos participam do projeto? • Existe duplicidade ou conflito com outros projetos da organização?
Determinar a viabilidade do projeto	• Qual o risco do projeto não obter a melhoria de desempenho planejada (viabilidade técnica)? • Os objetivos obtidos com o projeto são maiores que os custos (viabilidade econômica)? • Existem recursos suficientes para financiar o projeto (viabilidade financeira)?

Tabela 2 – Tópicos para seleção de projetos

Fonte: Adaptado de Carvalho et al. (2012)

Além de identificar o problema a ser atacado pela metodologia Seis Sigma, nessa etapa inicial de definição também é escolhida a equipe que deverá atuar nas diversas etapas do processo de melhoria dando o devido suporte no desenvolvimento do projeto.

2.3.2 Medir

Uma vez definido o projeto, sendo também claramente identificado o problema que deverá ser tratado através da utilização da metodologia, inicia-se então o processo

de medição das características críticas apontadas na fase de definição. Nessa etapa, é fundamental o estabelecimento de um plano de coleta de dados que servirá de base para as análises e futuras tomadas de decisões. Segundo Carvalho et al. (2012), nessa etapa realiza-se o mapeamento do processo e seus sub-processos que se relacionam com as CTQ's de maneira a facilitar a identificação das relações $Y=f(X)$, ou seja, quais os fatores Xs que influenciam a característica ou resultado Y.

Ainda segundo Carvalho et al. (2012), é preciso certificar-se que o sistema de medição utilizado para as medições seja adequado para atender às necessidades do processo. Para isso, é fundamental que uma análise prévia no sistema de medição seja feita, de maneira que o método de medição seja apropriado e tomadas de decisões futuras sejam baseadas em dados confiáveis.

Considerando que um plano de coletas de dados foi adequadamente elaborado, e o sistema de medição foi avaliado e aprovado, a equipe passa então a coletar os dados do processo utilizando-se de amostras representativas e aleatórias.

Após a coleta de dados é possível, por fim, estabelecer os índices de capacidade do processo, considerando os índices a curto e longo prazos. Todos os dados coletados, associados ao índice de capacidade do processo, serão utilizados para refinamento do objetivo do projeto, bem como a análise desses dados dará subsídio para a identificação das causas do efeito indesejado.

2.3.3 Analisar

Agora cabe à equipe analisar todos os dados coletados na fase de medição com a intenção de identificar quais são os Xs que estão provocando ou causando o Y indesejado. E é exatamente aqui que o Seis Sigma tem muito a contribuir. Conforme Gygi; DeCarlo e Williams (2008), ferramentas estruturadas são utilizadas nesse momento para identificar as possíveis causas (Xs) de problemas de desempenho operacional e ferramentas analíticas contribuem para o esclarecimento adequado para diferenciar os Xs críticos dos triviais.

Complementando com Carvalho et al. (2012), a utilização competente e prática das ferramentas estatísticas é uma das vantagens da metodologia, além é claro da utilização apropriada das ferramentas tradicionais da qualidade para melhoria de processos. Ainda segundo os autores, nessa fase é praticamente imprescindível a utilização de *softwares* específicos para análises estatísticas, os quais contribuirão significativamente para facilitar a elaboração dos cálculos e gráficos associados.

Nessa etapa então são identificadas as causas (X vitais) geradoras dos efeitos indesejados e as fontes geradoras de variações nos processos. (ROTONDARO et al., 2008).

2.3.4 Melhorar

As principais fontes de variação do processo bem como as principais causas geradoras foram devidamente identificadas na fase anterior de análise. Agora é o momento de propor e executar as melhorias no processo existente, de maneira que os X's sejam alterados para que não mais gerem os efeitos indesejados.

Conforme Carvalho et al. (2012), a equipe Seis Sigma deve avaliar tecnicamente quais alterações devem ser implementadas no processo para evitar o problema objeto do projeto. É nessa etapa que pode-se agregar conceitos da metodologia *Lean* para realização das melhorias. Vale ressaltar que é crucial nesse momento atuar sobre as causas-raiz previamente identificadas, o que resultará na eliminação ou diminuição do efeito indesejado.

Em alguns momentos as melhorias não são tão óbvias, e justamente para esses casos é fundamental que testes sejam realizados antes de implementar uma determinada melhoria oficialmente no processo produtivo. Para esses casos onde testes devem ser realizados, uma opção é utilizar os conceitos do DOE (Delineamentos de Experimentos), método originalmente desenvolvido por Ronald Fischer. Essa técnica permite que testes sejam realizados para que o impacto sobre a saída de um determinado processo seja avaliado considerando-se que alterações

planejadas de determinada característica de entrada do processo foram realizadas. (ROTONDARO et al., 2008). Esses experimentos tem os seguintes objetivos:

- Determinar quais fatores (X's) possuem maior influência sobre a saída (Y).
- Determinar a maneira de ajuste dos X's de modo que a resposta (Y) tenha o valor desejado.
- Determinar a maneira de ajuste dos X's para que a variação do Y seja a menor possível.
- Determinar a maneira de ajuste dos X's para minimizar os efeitos das variáveis não controladas sobre a resposta (Y).

Uma vez validadas as alterações propostas, o novo processo deve ser devidamente definido e repassado apropriadamente para a operação que passará a ter a responsabilidade de executar o processo com as alterações propostas e validadas pela equipe Seis Sigma. (CARVALHO et al., 2012).

2.3.5 Controlar

É muito comum projetos de melhoria terem impactos significativos para determinados processos resultando em ganhos explícitos para a companhia. No entanto, após algum tempo, os resultados negativos voltam a aparecer, mostrando que a melhoria estipulada não foi suficiente para vencer a barreira do tempo, e por algum motivo o processo voltou a apresentar defeitos, não mais atendendo os requisitos e especificações do cliente conforme definido no projeto de melhoria mencionado.

Para garantir que a melhoria seja robusta o suficiente para evitar o exposto acima, a metodologia apresenta uma fase específica chamada "controle". É nessa etapa que a equipe Seis Sigma define rotinas para assegurar que a operação realize o processo da maneira proposta, focando na perpetuação do novo modelo ao longo do tempo, não permitindo assim o retorno ao modelo anterior de variações e resultados indesejados.

Conforme Rotondaro et al (2008), nessa fase de controle tem-se o objetivo de manter o processo melhorado com desempenho adequado e previsível, não permitindo que as melhorias obtidas no processo anterior sejam perdidas. É preciso identificar com rapidez as possíveis mudanças de comportamento do novo processo, de maneira que ações corretivas sejam imediatamente disparadas corrigindo o processo a tempo de evitar desagradáveis surpresas.

Um bom método para manter o processo sob vigilância e assegurar o comportamento esperado deve seguir o seguinte ciclo de controle:

- Observação ou medição da saída do processo.
- Avaliação ou comparação da saída com padrão estabelecido.
- Análise e decisão da possível diferença indesejada entre saída e padrão estabelecido.
- Ação e correção sobre as diferenças.

De acordo com Correa et al (2012), algumas ferramentas que auxiliam o processo de controle são plano de controle, carta de controle, *poka yoke*, pré-controle e instrução de trabalho.

Conforme Rotondaro et al (2008), é fundamental ressaltar que ações são tomadas sobre as entradas ou fatores de produção, e não sobre as saídas ou produtos do processo.

Com um processo bem estabelecido de controle, aumenta-se a probabilidade da melhoria ultrapassar a barreira do tempo e garantir bons resultados no processo melhorado de uma maneira duradoura.

2.4 Fatores para o sucesso do programa Seis Sigma

A metodologia utilizada em sua totalidade assegura bons resultados em projetos de melhoria. No entanto, cabe ressaltar alguns fatores que, se bem observados,

aumentam ainda mais a chance de sucesso e bons resultados na utilização do modelo Seis Sigma. Segundo Trad (2006) alguns fatores são considerados críticos para o sucesso na implantação do Seis Sigma, tais como: liderança, projetos, treinamento, comunicação e revisão, processo gerencial, perfil dos Black Belts, equipe de projetos e iniciativas prévias de qualidade. Abaixo são apresentados algumas sugestões para aumentar o impacto e resultados dos programas Seis Sigma.

2.4.1 Envolvimento de todos

Um projeto baseado na metodologia Seis Sigma deve ser necessariamente desenvolvido com o envolvimento de uma equipe multidisciplinar. Não é possível pensar em projeto seis Sigma sem que diferentes pessoas, funções, departamentos e níveis hierárquicos sejam incluídos. Conforme Gygi; DeCarlo e Williams (2008), quando uma companhia deixa de contar apenas com um grupo de especialistas isolados e passa a ampliar a participação de diferentes conhecimentos, ela desencadeia o forte potencial de um maior número de funcionários da organização que conduzirão projetos de melhorias orientados para a maximização de resultados, trazendo benefícios muito maiores para a própria cooperação.

2.4.2 Disciplina

Um outro fator relevante para o sucesso de um programa Seis Sigma é a disciplina na utilização da própria metodologia. Muitas vezes, conforme mencionado por Gygi; DeCarlo e Williams (2008), para resolver um problema as pessoas pulam diretamente para a etapa das ações, considerando que dessa forma conseguiriam resultados supostamente mais rápidos. No entanto, na ânsia por resultados imediatos, deixa-se de encontrar soluções que de fato trariam melhores resultados para a organização.

O rigor na utilização da metodologia evita justamente o exposto acima, fazendo com que resultados ótimos sejam alcançados e da maneira rápida e consistente,

atendendo plenamente as necessidade de crescimento e competitividade esperados pelas organizações.

2.4.3 Visão de gerenciamento de projeto

É importante enfatizar que um projeto Seis Sigma deve seguir o rigor de uma gestão de projetos propriamente dita, deixando de focar apenas nos resultados isolados de uma determinada melhoria. É necessário que sejam avaliados os pormenores associados aos detalhes de tudo que envolve o projeto, não apenas a solução do problema isoladamente. Conforme Carvalho et al. (2012):

“[...] os projetos Seis Sigma são avaliados não só quanto aos resultados “técnicos” obtidos, mas também quanto ao gerenciamento do tempo , do custo e da utilização dos recursos alocados para o projeto, critérios estes relacionados à gestão do projeto propriamente dita.”

Essa abordagem garante ao Seis Sigma o *status* de um programa consistente, que gerencia seus projetos de maneira organizada e metodológica, considerando todos os fatores relevantes que culminarão na utilização adequada dos recursos da organização para alcançar resultados comprovadamente superiores aos modelos tradicionais de melhoria de processos.

2.4.4 Celebração do sucesso

O programa Seis Sigma desencadeia resultados significativos para a companhia que não pode deixar de ser celebrado. Toda a organização deve conhecer tais resultados e vibrar pelos benefícios alcançados. Citando Gygi; DeCarlo e Williams (2008):

“O sucesso é contagioso. Quando a primeira pequena vitória é mostrada e agraciada – com reconhecimento, recompensas, elogios e publicidade – as pessoas desenvolvem um interesse real. Elas constróem confiança.

Começam a acreditar no poder e no potencial do método. Cada vitória sucessiva se torna mais fácil.”

A citação literal do texto acima mostra claramente a importância da celebração do sucesso como fator crucial para o programa Seis Sigma.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 Sobre a empresa

3.1.1 Histórico

A empresa aqui estudada é do segmento de Óleo e Gás e líder mundial em fornecimento de equipamentos de perfuração de poço submarino para exploração de petróleo. Tem sua sede nos Estados Unidos e filiais no Brasil, nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo.

3.1.2 Estrutura

O projeto foi desenvolvido na fábrica de equipamentos de São Paulo, que apresenta as seguintes características:

- Principais clientes: Petrobras, Shell, Repsol, Statoil entre outras companhias internacionais que também exploram os reservatórios brasileiros;
- Funcionários: aproximadamente 600 pessoas;
- Estrutura fabril (área): aproximadamente 15.000 m²;
- Faturamento anual: USD 150 milhões;
- Atividades: Engenharia, usinagem, soldagem, revestimento, montagem e testes;
- Produtos: Sistemas de perfuração de poço submarino e sistemas de produção de petróleo.

3.1.3 Programa de melhoria contínua

Existe um programa de melhoria contínua em processo de consolidação nas diversas fábricas ao redor do mundo, sendo a fábrica de São Paulo a escolhida para desenvolver e disseminar essa cultura em toda a América Latina.

Esse programa de melhoria contínua, entre outras metodologias específicas, adota o Seis Sigma como uma de suas principais opções para melhoria de processos.

3.2 Projeto

Seguindo as diretrizes do modelo DMAIC, abaixo é apresentado os pormenores do projeto Seis Sigma conduzido para melhorar o processo de inspeção dimensional de uma linha de produto específica da organização (Suspensor de Revestimento). Os detalhes serão apresentados ao longo do estudo de caso.

3.2.1 Definindo o problema

A definição do problema passa primeiramente pela definição dos requisitos do cliente e sua transformação em CTQs. Essa definição parte da alta administração da companhia que, após mapear os interesses e requisitos dos clientes, elencou os elementos abaixo como críticos para a qualidade:

- Desenvolvimento de novas tecnologias (Melhores produtos com os melhores custos)
- Sistema da qualidade e documentação (disciplina na adequação aos procedimentos padronizados)
- Entrega no Prazo (Pleno atendimento aos compromissos com os clientes)
- Eliminação / Solução das reclamações de clientes (Resolver reclamação dos clientes no tempo mínimo e prevenir reocorrências)
- Custo da Qualidade (Agregar valor e reduzir custo da não qualidade)

Uma vez conhecido aquilo que é crítico para a qualidade partindo do ponto de vista dos clientes e comparando-os com os indicadores de desempenho da área de manufatura da empresa, percebeu-se que o fator entrega no prazo não apresentava um desempenho satisfatório. O gráfico 1 ilustra de maneira explícita o baixo índice de entrega no prazo para uma determinada linha de produto da empresa nos 12

meses anteriores ao início do projeto, evidenciando a necessidade de tomada de ação para melhoria nesse ponto identificado como importante pelos próprios clientes e pelo negócio.

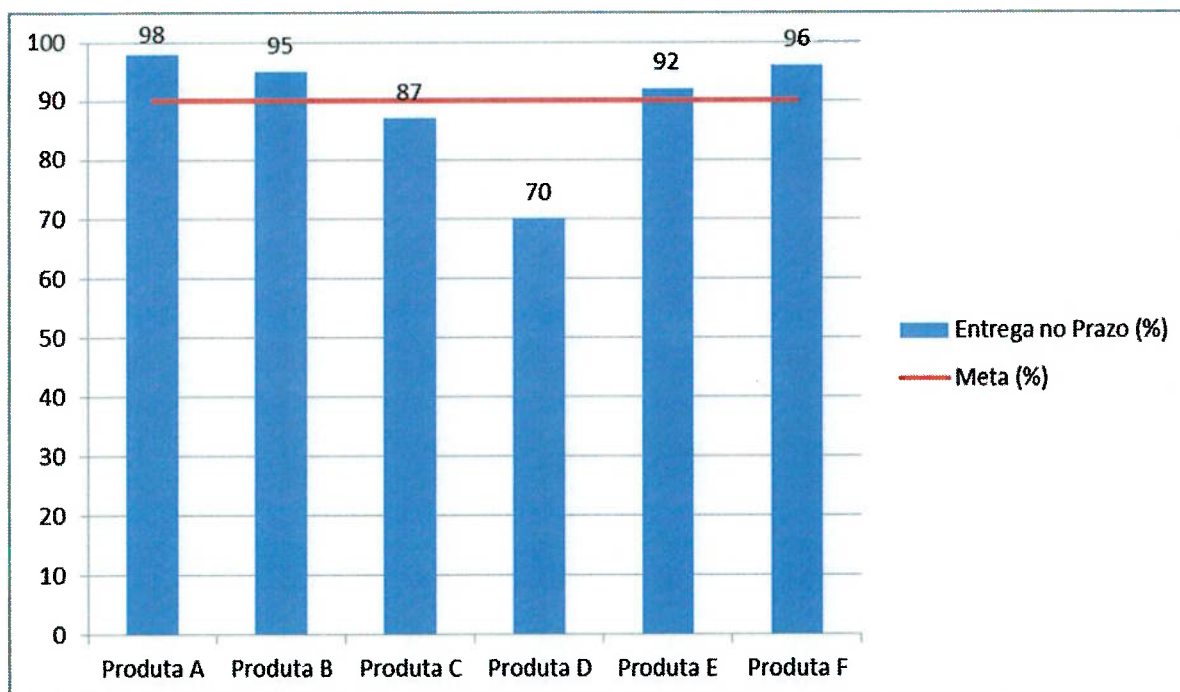


Gráfico 1 – Entrega no Prazo - Manufatura

Sabendo-se que o problema estava associado principalmente com uma linha de produto específica (Produto D – Suspensor de Revestimento) conforme indicado no gráfico 1, aprofundou-se mais um estágio na observação dos indicadores, considerando agora os dados referentes ao desempenho dos processo associados apenas a referida linha de produto problemática.

O Gráfico 2 apresenta o desempenho de cada processo observado na linha de produto identificada no mesmo período de coleta dos dados do gráfico 1.

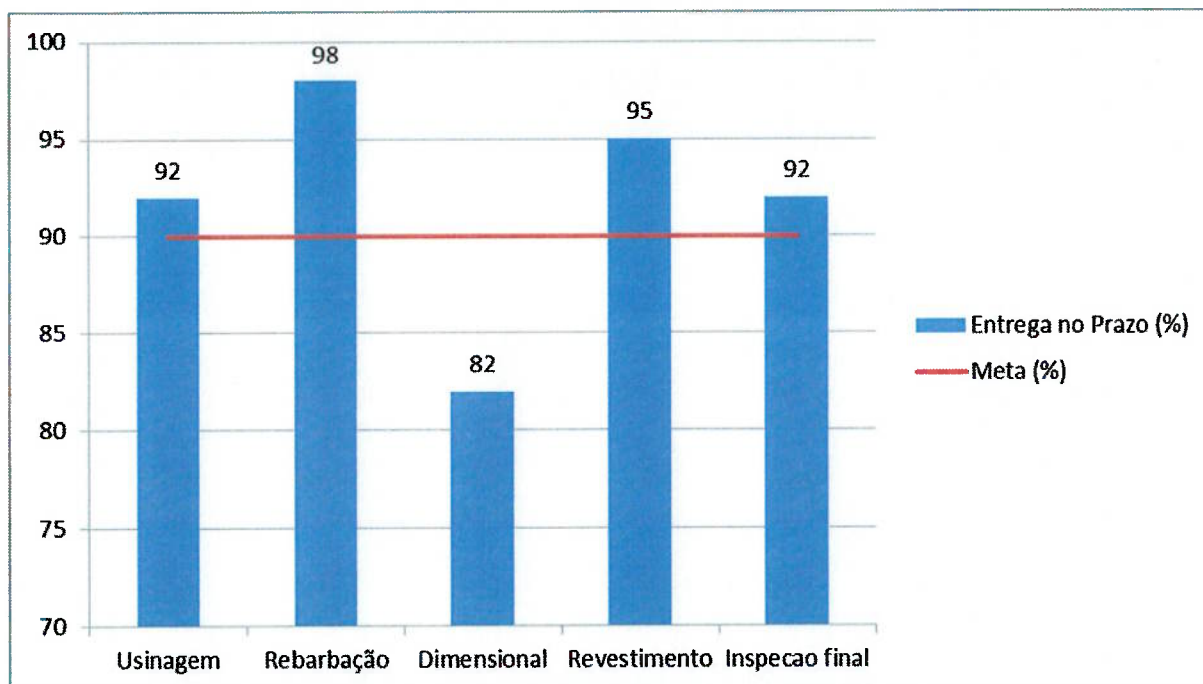


Gráfico 2 – Entrega no Prazo - Produto D

Conforme ilustrado no gráfico 2, o processo de inspeção dimensional aparece como sendo o grande vilão que interfere negativamente no índice de desempenho de entrega no prazo para a linha de produto D.

3.2.1.1 Equipe de trabalho

A equipe de trabalho foi devidamente selecionada de maneira a dar o suporte necessário durante todas as etapas do projeto, cuja composição é indicada na tabela 3. Os nomes foram devidamente alterados para evitar conflitos de confidencialidade.

Nome	Função
Marcelo Santos	Inspetor de Qualidade
Evandro Maldonado	Inspetor de Qualidade
Thiago Silva	Líder
Paulo Duarte	Black Belt
Bruno Felix	Especialista Controle da Qualidade
Rodrigo Juarez	Engenheiro Industrial
Ralf Silva	Planejador

Tabela 3 – Equipe do projeto

3.2.1.2 Cronograma do projeto

Para o gerenciamento adequado do projeto foi definido um cronograma com cada etapa a ser seguida, de maneira que toda equipe pudesse direcionar esforços no momento previamente definido, resultando no término do projeto no tempo determinado conforme tabela 4.

Etapas	Jul	Ago	Set	out	Nov	Dez
Definição	x					
Medição		x				
Análise			x			
Melhoria				x		
Controle					x	x

Tabela 4 – Cronograma do projeto

3.2.2 Medindo o problema

O primeiro passo para iniciar a medição do processo foi entender com maior nível de detalhe o funcionamento do processo. Para isso, o processo foi devidamente desenhado, tendo como resultado o fluxograma indicado na figura 2:

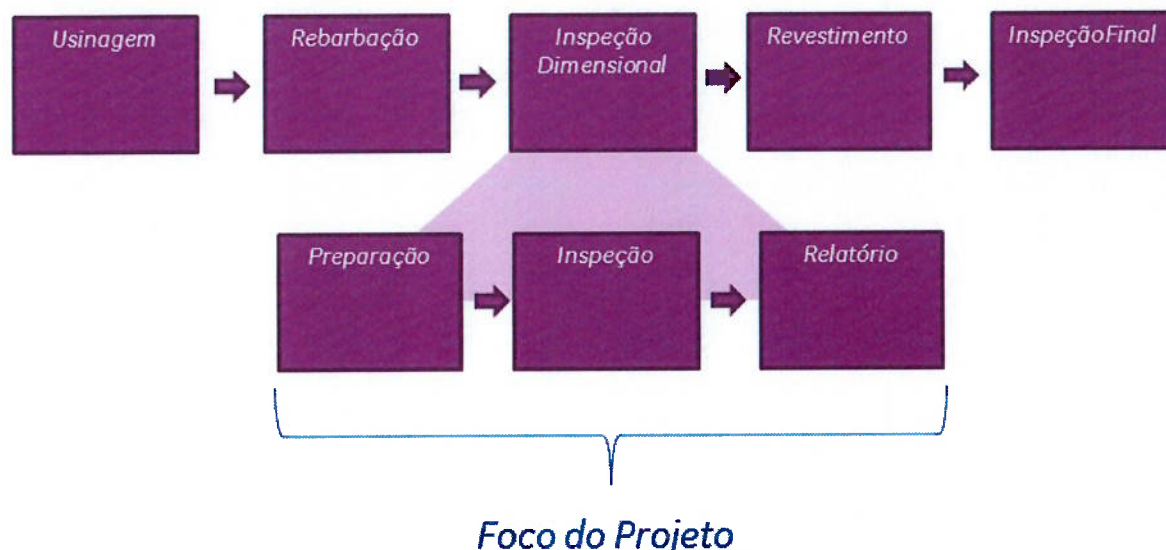


Figura 2 – Mapa do processo

Com base no desenho do processo, identificou-se qual seria a melhor forma de medir as características consideradas críticas do projeto que, para esse caso, é o tempo despendido na etapa de inspeção dimensional. Conforme mapa do processo, deve ser levado em consideração o tempo entre a preparação da inspeção incluindo a escolha e separação dos instrumentos necessários, a inspeção propriamente dita e a posterior emissão do relatório. Mas antes de partir diretamente para a coleta do tempo de inspeção dimensional, definiu-se o melhor sistema de medição para ser utilizado, sendo escolhido o instrumento cronômetro simples. Para esse caso não foi necessária a utilização de métodos de análise do sistema de medição mais robustos já que o tempo desse processo não tem uma tolerância rígida pré estabelecida.

A partir dos dados coletados com base na definição da tabela 5, foi possível conhecer a capacidade do processo utilizando-se do software Minitab, o qual nos forneceu informações estatísticas relevantes para futura análise e consequente tomadas decisões.

CTQ – Definição das características					
CTQ	Tipo de dado	Definição operacional	Limites de especificação		
			LIE	LSE	Meta
Tempo de inspeção	Contínuo	Tempo de inspeção dimensional compreendido entre: preparação da inspeção, inspeção propriamente dita e elaboração do relatório	0	5,4h	4,5

Tabela 5 – Definição das características críticas

Abaixo são apresentados os gráficos fornecidos pelo referido Minitab.

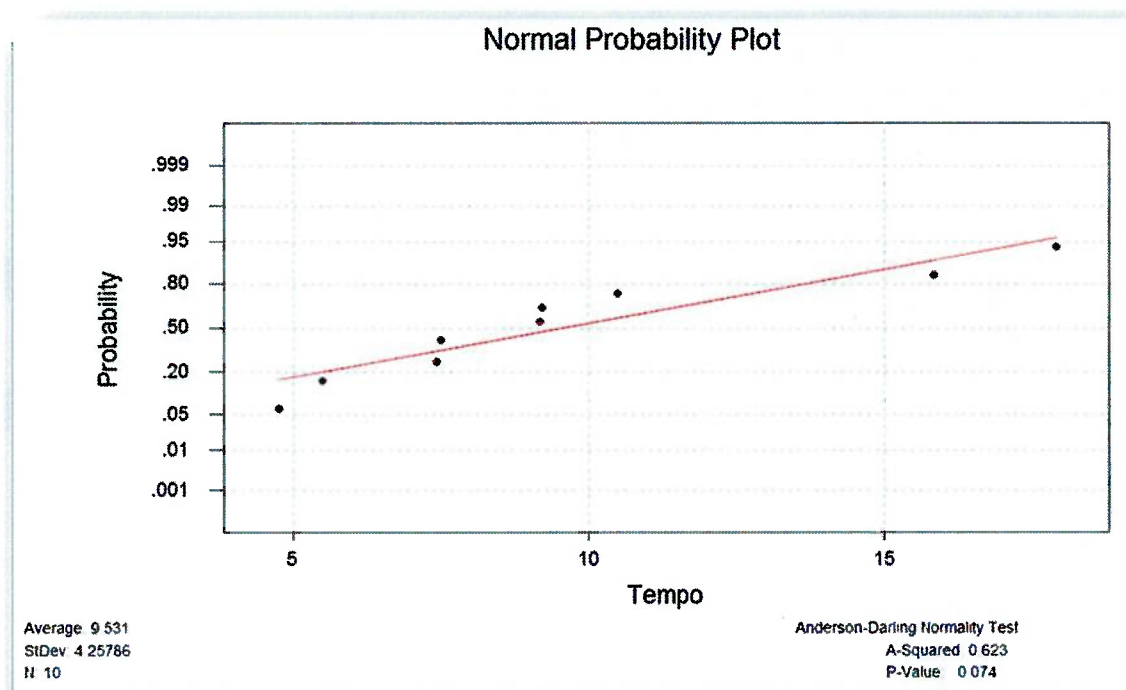


Gráfico 3 – Teste de Normalidade (pré melhoria)

Fonte: *Software Minitab for Windows Release 12.23*

O gráfico 3 fornece uma informação bastante importante para a definição da capacidade do processo – o teste de normalidade. Com base na informação do gráfico, considera-se um processo com dados normais, já que o valor de “p” foi maior do que 0,05. Com isso pode-se assumir a capacidade conforme gráfico 4.

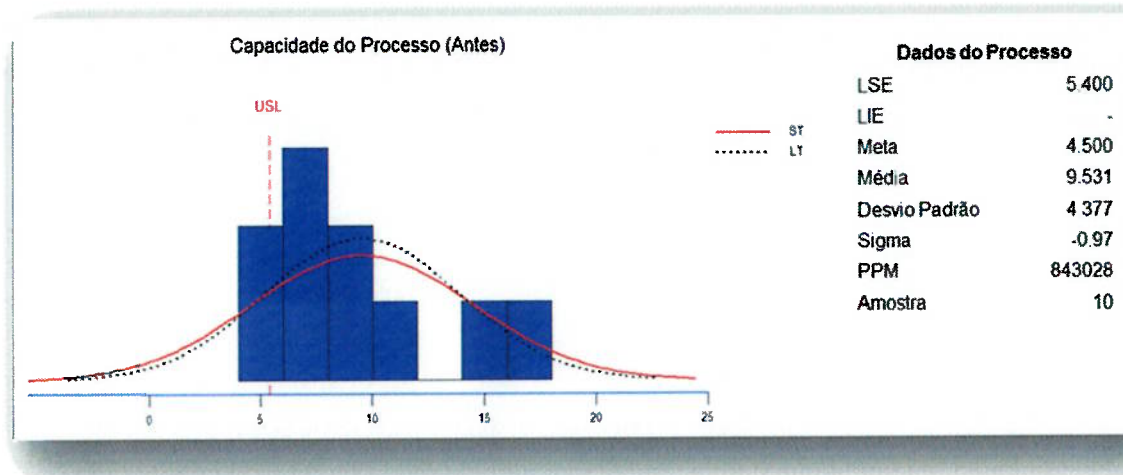


Gráfico 4 – Capacidade do Processo (pré melhoria)

Fonte: Adaptado do *Software Minitab for Windows Release 12.23*

A capacidade do processo, conforme calculado pelo software, está em -0,97 sigma (PPM 843028), com média de 9,5h por inspeção e desvio padrão de 4,4h. É válido perceber que a média do processo está em 9,5h, bastante superior ao especificado pelo cliente, 5,4h. O desvio padrão alto, 4,4h, também evidencia que o processo está variando bastante. Considerando a média e o desvio padrão longe do desejado, os dados comprovam a fase de definição que apontou para a inspeção dimensional dessa linha de produto como um grande vilão a ser melhorado. Através da comparação entre a capacidade antes do projeto e a capacidade após as melhorias estabelecidas, esses valores serão utilizados posteriormente para validar as melhorias.

3.2.3 Analisando os dados

Durante a coleta de dados para a definição da capacidade atual do processo, aproveitou-se também para fazer um processo de observação e comparação da maneira de trabalho entre os diferentes operadores nos diferentes turnos associados a esse processo de inspeção. Como foi identificado uma grande variação entre os resultados obtidos, envolveu-se alguns inspetores dimensionais chave para realizar o trabalho de análise do processo bem como a elaboração de um diagrama de

Ishikawa para auxiliar na identificação das causas da variação do processo e do não atendimento aos prazos estabelecidos.

O Diagrama de Pareto foi utilizado para identificar quais etapas do processo de inspeção dimensional deveriam ser tratadas de maneira a trazer maior impacto no resultado de diminuição de tempo de inspeção desejado. O gráfico 5 apresenta o Diagrama de Pareto, mostrando que os principais vilões do processo são: medição propriamente dita, seleção de instrumentos necessários para a inspeção e emissão de relatório respectivamente. Esse resultado direcionou as análises para identificação das causas potenciais relatadas na sequência desse trabalho.

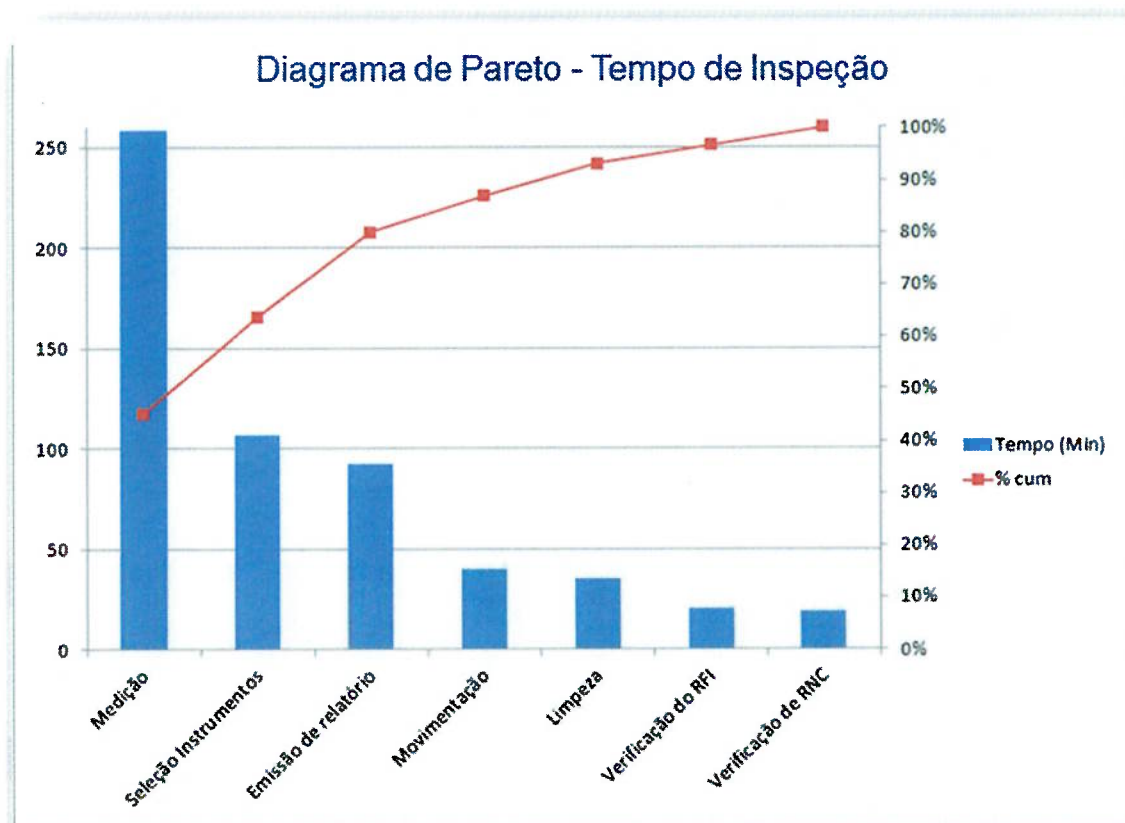


Gráfico 5 – Diagrama de Pareto - Tempo de Inspeção

Após uma intensa observação do processo e calorosas discussões, chegou-se ao resultado demonstrado na figura 3, cujo tempo de inspeção dimensional foi associado a diversos fatores como meio ambiente, máquina, métodos utilizados, recursos humanos envolvidos, material e sistema de medição. O Diagrama de

Ishikawa indicado na figura 3 contribuiu significativamente para a identificação das causas potenciais.

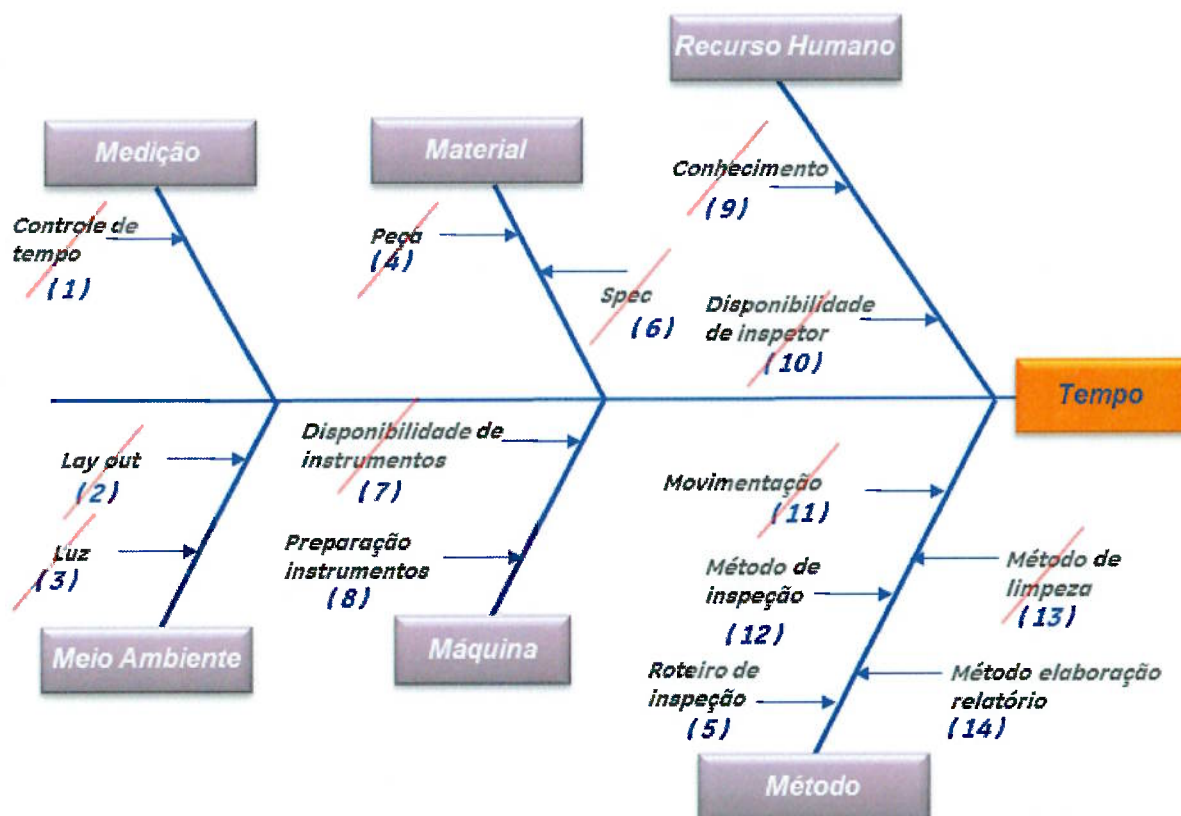


Figura 3 – Diagrama de Ishikawa

No entanto, o diagrama tratado isoladamente não é suficiente. Uma ferramenta de priorização precisou ser utilizada já que os recursos não são ilimitados. Para isso foi utilizado uma matriz de comparação entre esforço e impacto de uma possível solução. A figura 4 mostra essa priorização.

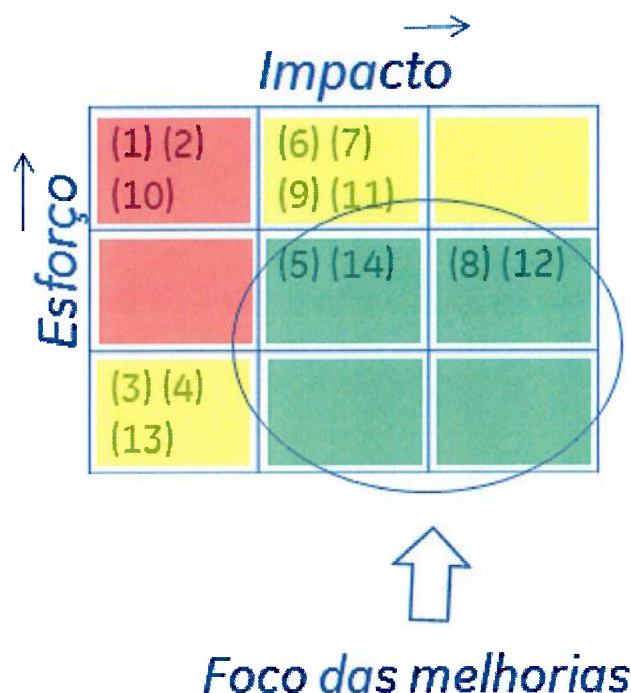


Figura 4 – Matriz esforço x impacto

Entre todas as possíveis causas, identificou-se aquelas cujas possíveis soluções de baixo ou moderado esforço trariam alto ou moderado impacto na redução do tempo de inspeção dimensional, sendo elas: (8) preparação de instrumentos; (12) método de inspeção; (14) método de elaboração de relatórios; e (5) roteiro de inspeção. Uma solução para essas categorias seriam de menor esforço e maior impacto.

3.2.4 Implementando a solução

Conhecidos então os fatores de maior impacto no tempo de inspeção dimensional, passamos a estabelecer as soluções.

O item (12) do Diagrama de Ishikawa, método de inspeção, foi o fator de maior relevância durante a análise, onde percebeu-se que diferentes inspetores atuavam de diferentes maneiras, sem um padrão definido. Dentre os diferentes métodos utilizados, identificou-se aquele que trazia melhores resultados em termos de tempo de realização da tarefa, sem prejudicar ou diminuir a qualidade de resultado esperado.

O melhor método identificado foi aquele que maximizava a utilização dos recursos dos instrumentos utilizados, notadamente o instrumento de medição tridimensional, que não sendo utilizado corretamente em seus recursos implícitos, aumentava consideravelmente o tempo de inspeção. Alguns inspetores, não conhecendo os recursos tecnológicos do instrumento, sub-utilizavam o mesmo. Para que o instrumento fosse então utilizado em sua totalidade, desenvolveu-se um programa no *software* do instrumento tridimensional, de maneira que todos os comandos necessários para a inspeção fossem previamente estabelecidos, restando ao inspetor apenas seguir os comandos definidos na sequência ótima registrada pelo aparelho.

Uma vez criado o programa e testado adequadamente para garantir os resultados, todos os inspetores foram treinados no novo método garantindo assim uniformidade de atuação no processo de inspeção.

Para algumas medições não era possível a utilização do instrumento tridimensional. Para esses casos, foi também estabelecido o melhor instrumento a ser utilizado e a sequência adequada de medições, o que contribuiu para resolver o item (8) identificado no Diagrama de Ishikawa e que será abordado na sequência do trabalho.

O Item (8) do Diagrama de Ishikawa foi tratado na sequência. Considerando que o melhor método de inspeção foi previamente definido, elaborou-se uma lista padrão de instrumentos que deveriam ser utilizados durante a inspeção dimensional do produto objeto desse estudo. Essa lista, devidamente incluída no roteiro de inspeção, seria utilizada por todos os inspetores durante a preparação da inspeção, diminuindo significativamente o tempo desta tarefa, já que o inspetor não mais precisaria escolher os instrumentos por si só, tendo como referência apenas o desenho do componente com as cotas especificadas.

O item (14) método de elaboração de relatórios também passou por uma série de mudanças. O desenho foi revisto de maneira a identificar quais cotas especificadas realmente deveriam constar no registro de inspeção. A engenharia de produtos foi consultada para orientar esse trabalho, para que cotas importantes não fossem

retiradas do formulário inadvertidamente. Ao fim desse estudo, um formulário otimizado foi criado, reduzindo para 36 o número de cotas registradas. Considerando que antes da melhoria eram registradas todas as 191 cotas especificadas, houve uma redução de 81%. É válido mencionar também que algumas dessas cotas passaram a ser registradas automaticamente pelo *software* do instrumento tridimensional, o que também contribuiu para a redução do tempo gasto com emissão de relatório.

Por fim, o item (5) roteiro de inspeção foi devidamente tratado, organizando as informações para a ótima definição de um roteiro de inspeção dimensional, sendo já aproveitado o momento para incluir as novas melhorias estabelecidas. Em suma, o roteiro foi reelaborado de maneira a ser um guia detalhado da inspeção, servindo de roteiro padrão para a referida inspeção, diminuindo a possibilidade de variação do processo por motivo de falta de padrão de inspeção.

Na tabela 6, é apresentado o plano de ação que foi elaborado, envolvendo algumas pessoas do grupo do projeto com suas respectivas responsabilidades de ações e prazos a serem cumpridos. Os nomes foram devidamente alterados para evitar conflitos de confidencialidade.

# Ishikawa	Ação	Responsável	Data	Status
5 (Roteiro)	Revisar roteiro incluindo o número do programa 3D elaborado no #12 abaixo	Rodrigo Juarez	17/Out/13	Concluída
8 (Preparação instrumentos)	Criar uma lista padrão de instrumentos que serão utilizados no processo de inspeção dimensional	Marcelo Santos	24/Out/13	Concluída
	Incluir a lista padrão de instrumentos no roteiro de inspeção dimensional	Marcelo Santos	24/Out/13	Concluída
12 (Método de inspeção)	Criar um programa automático para ser usado durante a inspeção dimensional com instrumento 3D	Marcelo Santos	08/Nov/13	Concluída
	Treinar todos os inspetores na utilização do programa 3D criado	Marcelo Santos	15/Nov /13	Concluída
	Revisar a instrução de trabalho IT 3DB09380-210	Bruno Felix	27/Nov/13	Concluída
	Treinamento sobre IT 3DB09380-210 revisada	Bruno Felix	29/Nov /13	Concluída
14 (Relatório de inspeção)	Revisar formulário de relatório de inspeção dimensional para prever registro apenas de cotas críticas	Marcelo Santos	06/Nov/13	Concluída
	Revisar a instrução de trabalho IT 3DB09380-210	Bruno Felix	27/Nov /13	Concluída
	Treinamento sobre IT 3DB09380-210 revisada	Bruno Felix	29/Out/13	Concluída

Tabela 6 – Plano de ação

A tabela 7 contém a síntese das melhorias estabelecidas no processo e evidencia as diferenças entre o antes e o depois.

Processo	Antes	Depois
Preparação dos Instrumentos	Instrumentos dimensionais escolhidos <u>durante</u> o processo de inspeção	Lista de instrumentos <u>previamente definida</u> no roteiro de inspeção
Inspeção	Inspeção dimensional realizada com instrumentos convencionais + instrumento de medição tridimensional <u>não programado</u>	Inspeção dimensional realizada com instrumentos convencionais + instrumento de medição tridimensional <u>previamente programado</u>
relatório	<u>191</u> cotas registradas entre 191 cotas medidas	<u>36</u> cotas registradas entre 191 cotas medidas (<u>81% de redução</u>)

Tabela 7 – Síntese das melhorias

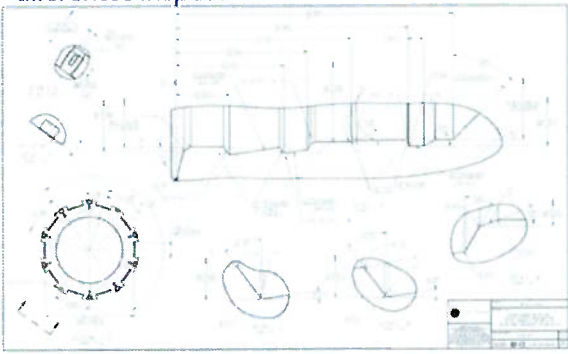
A figura 5 mostra a comparação antes x depois considerando as melhorias estabelecidas no processo de preparação da inspeção. Antes das melhorias

estabelecidas, era necessário, em cada processo de inspeção, identificar cada cota no desenho do componente a ser medido e definir o instrumento adequado para realizar as medições. Com a melhoria, uma lista padrão de instrumentos já estava disponível no roteiro de inspeção, eliminando a necessidade do inspetor selecionar os instrumentos no momento da inspeção.

Preparação dos instrumentos

Antes

- Longo tempo gasto para escolha do instrumento (necessário avaliar todas as cotas do desenho e definir o instrumento adequado em cada inspeção)
- Diferentes instrumentos utilizados por diferentes inspetores



Depois

- Lista padrão de instrumentos previamente disponível

STA DE INSTRUMENTOS		
30-30" x 30-30" Varni Top Coating Manager		
ITEM	INSTRUMENTO	REFERÊNCIA
1	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
2	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
3	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
4	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
5	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
6	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
7	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
8	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
9	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
10	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
11	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
12	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
13	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
14	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
15	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
16	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
17	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
18	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
19	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
20	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
21	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
22	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
23	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
24	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
25	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
26	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
27	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
28	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
29	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00
30	Calibrador de Profundidade - Escala de 0 a 100 mm (0 a 4 polegadas) (0 a 100 mm)	BSI 211115-01-000-00

NOTAS:
1. Antes de utilizar, fazer uma verificação quanto ao comprimento de cada equipamento.
2. Verificar a validade da calibração dos instrumentos.
3. Antes de utilizar, verificar a validade dos equipamentos e seu estado.

Data / Hora de Entrega da Lista

Marcelo Marzetti
Inspetor de Qualidade

Data / Hora de Entrega dos Equipamentos

Bruno Alho
Coordenador de C.Q.

Figura 5 – Antes x depois: Preparação dos instrumentos

A figura 6 mostra a comparação antes x depois considerando as melhorias estabelecidas no processo de inspeção propriamente dita.

Processo de Inspeção

Antes

- Para cada dimensão, o inspetor precisava definir o plano vetorial, as características da dimensão (ângulo, diâmetro, profundidade, comprimento, etc), definir a tolerância no sistema e transferir os valores medidos para o relatório dimensional manualmente
- Sequência aleatória de Inspeção
- Em função da sequência aleatória da inspeção, peça precisava ser movida diferentes vezes por processo.

Depois

- Um programa previamente elaborado com todos os comandos necessários para a inspeção, transferindo automaticamente os valores encontrados para o relatório. O mesmo programa é utilizado para qualquer peça medida
- Sequência de inspeção definida no programa
- Apenas duas movimentações no processo de inspeção

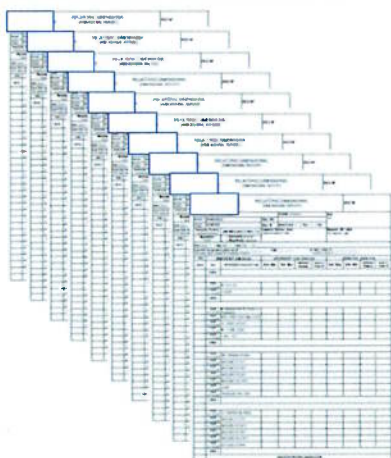
Figura 6 – Antes x depois: Processo de inspeção propriamente dito

A figura 7 mostra a comparação antes x depois considerando as melhorias estabelecidas no processo de emissão de relatórios.

Emissão do Relatório

Antes

- 10 páginas de relatório com 191 cotas registradas de 191 cotas medidas



Depois

- 3 páginas de relatório com 36 cotas registradas de 191 cotas medidas

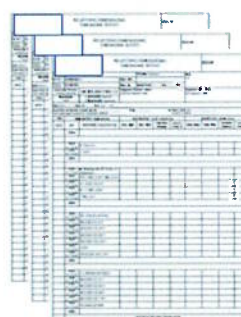


Figura 7 – Antes x depois: Emissão do relatório

Com todas as melhorias definitivamente estabelecidas, foram colhidas amostras dos tempos de inspeção dimensional novamente para verificar a nova capacidade do processo. Embora as melhorias tenham sido significativamente sensíveis apenas pela observação, é necessário uma nova validação estatística para comprovar os ganhos do novo processo. Os novos dados foram incluídos no Minitab e o novo cenário demonstrado nos gráficos 6 e 7.

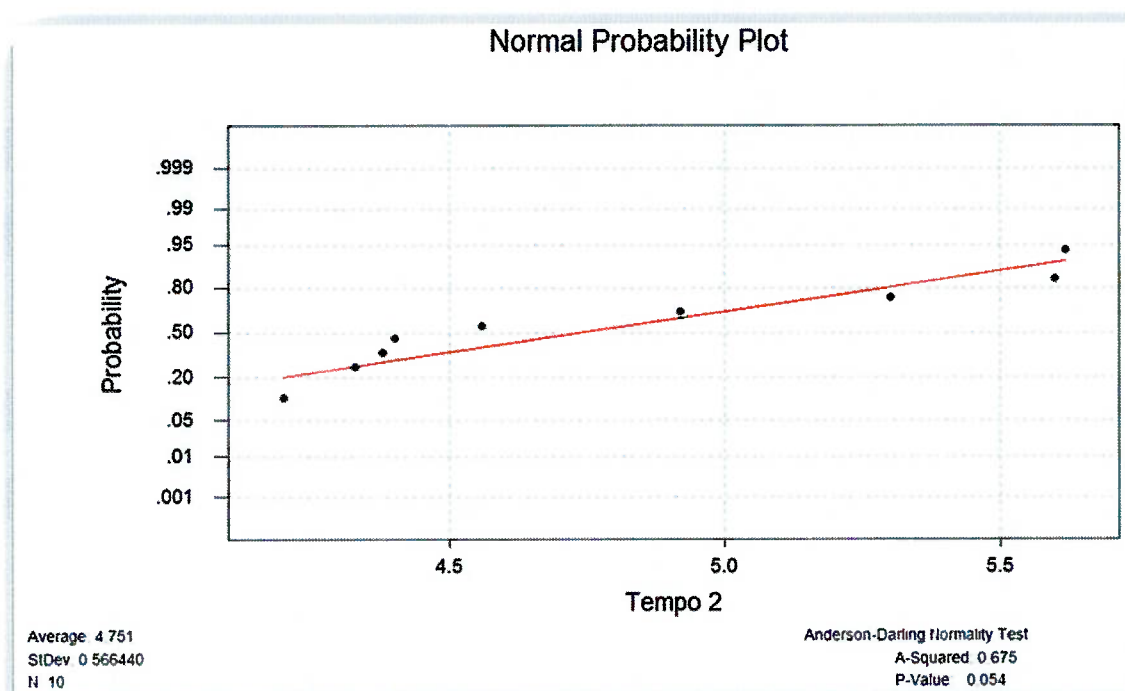


Gráfico 6 – Teste de Normalidade (pós melhoria)

Fonte: *Software Minitab for Windows Release 12.23*

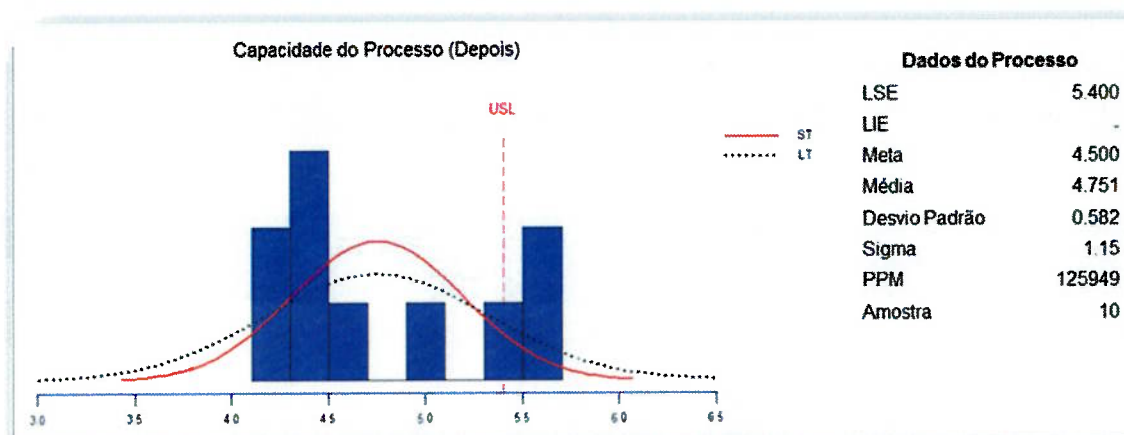


Gráfico 7 – Capacidade do Processo (pós melhoria)

Fonte: Adaptado do *Software Minitab for Windows Release 12.23*

O novo conjunto de dados também apresentou normalidade conforme teste de normalidade mostrado no gráfico 6, sendo o valor de “p” maior que 0.05 conforme resultado do Minitab. É possível perceber que tanto a média quanto o desvio padrão melhoraram significativamente.

Embora os números falem por si só, a tabela abaixo apresenta de maneira mais resumida a comparação entre os principais indicadores de capacidade do processo antes e depois das melhorias implementadas.

Característica	Antes	Depois	
Média	9.53 horas	4.75 horas	➡ 50% redução
Desvio padrão	4.38 horas	0.58 horas	➡ 87% redução
Sigma	-0.97	1.15	
PPM	834028	125949	

Tabela 8 – Comparativo antes x depois (Ganhos do projeto)

O Gráfico boxplot abaixo também ajuda a perceber com clareza que o projeto resolveu os dois problemas principais, centralização e variação. A centralização, evidenciada pela média dos valores diminuiu consideravelmente, alcançando valor

abaixo do especificado. A variação do processo também reduziu drasticamente, saindo de 4,38 para 0,58 após implementadas as melhorias. A gráfico 8 ilustra com clareza a diferença alcançada.

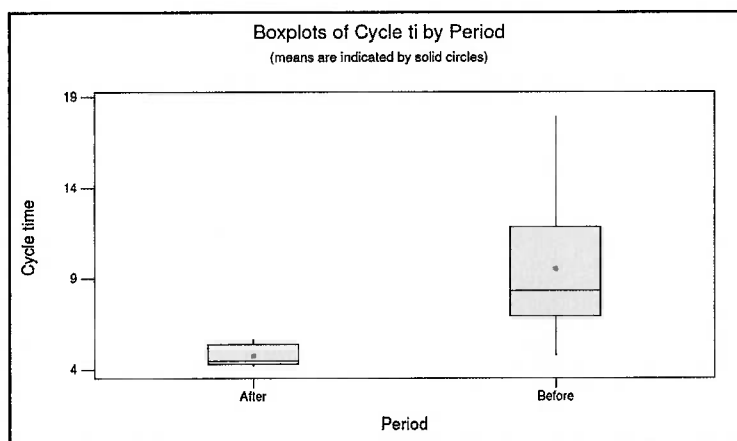


Gráfico 8 – Gráfico boxplot (pós melhoria)

Fonte: *Software Minitab for Windows Release 12.23*

Por fim concluiu-se a implementação das melhorias necessárias para fazer com que o processo atenda as especificações do cliente em relação ao tempo de inspeção.

3.2.5 Controlando o processo

Com todas as melhorias devidamente estabelecidas e implementadas, é preciso seguir para a etapa de controle, a última da metodologia DMAIC. Nessa etapa são definidas as maneiras de fazer com que as melhorias sejam de fato sustentáveis ao longo do tempo, sem que qualquer interferência resulte no retrocesso ao processo anterior.

Durante o próprio processo de definição e implementação das melhorias, o grupo já trabalhou pensando em estabelecer mecanismos para garantir que o novo processo fosse padronizado e devidamente seguido por todos os envolvidos em cada etapa da tarefa de inspeção dimensional. Para que tudo fosse devidamente consolidado, os controles abaixo foram estabelecidos:

- Revisão da instrução de trabalho contemplando o novo processo padronizado
- Revisão do roteiro de inspeção, detalhando o novo processo devidamente padronizado, contemplando todas as informações necessárias para que o inspetor seguisse rigorosamente cada etapa do processo
- Todo time devidamente treinado, sendo também definidos treinamentos periódicos de reciclagem de conhecimento para todos os envolvidos no processo de inspeção dimensional
- Bloqueio automático do sistema de gerenciamento de produção sempre que o tempo de inspeção apresentasse valores fora dos limites de controle, sendo necessária a intervenção do líder da área no desbloqueio do sistema, sendo para isso necessário um trabalho de análise de causa e definição de plano de ação corretiva e preventiva para aquele caso específico.

Com as ações de controle apresentadas acima, julgou-se suficiente para evitar que o processo voltasse a apresentar resultados fora das especificações do cliente como os verificados antes do projeto de melhoria. Como mencionado acima, a cada sinal de não atendimento aos limites de controle, uma ação imediata de análise é requerida e o retorno aos limites estabelecidos é assegurado pelo próprio plano de controle da área de inspeção dimensional da linha de produto objeto desse estudo de caso.

4 CONCLUSÃO

Procurou-se nesse trabalho apresentar um projeto de melhoria baseado na redução de tempo de inspeção dimensional de um determinado produto do segmento de óleo e gás seguindo as diretrizes do programa Seis Sigma. Após o desenvolvimento do referido projeto, é possível concluir que ganhos expressivos foram alcançados, tanto na redução do tempo de inspeção propriamente dita, quanto na redução da variação do processo, trazendo, por consequência, o impacto financeiro e aumento de competitividade esperado pela organização em projetos dessa magnitude.

Embora os ganhos sejam claramente percebidos, é importante ressaltar que o Seis Sigma é parte de um programa de melhoria contínua, e o processo objeto desse estudo pode e deve ser revisitado periodicamente, e novos projetos podem ser conduzidos de maneira a identificar novas oportunidades de melhoria com o objetivo de aumento da capacidade e atendimento às necessidades do cliente, sempre resultando no aumento de sua satisfação e na maximização dos resultados para a companhia.

Vale ressaltar que o mesmo trabalho Seis Sigma desenvolvido especificamente para o processo de inspeção dimensional pode ser realizado para qualquer outro processo dessa mesma linha de produto ou mesmo de outra, resultando na redução do tempo de ciclo de manufatura total, o que afetaria diretamente os indicadores financeiros da organização.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, Marly Monteiro; PALADINI, Edson Pacheco . **Gestão da Qualidade – Teoria e Casos**. Elsevier Editora, São Paulo, SP, 2012.

CORREA, Oliver de Goes et al. **Investigação Empírica da Aplicação do DMAIC na Redução do Tempo de Setup em uma Empresa Manufatureira**. In: XXXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2012, Bento Gonçalves. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2012_TN_STO_158_924_20553.pdf>. Acesso em 18 Jun. 2014.

GYGI, Craig; DECARLO, Neil; WILLIAMS, Bruce. **Seis Sigma para Leigos**. Alta Books, Rio de Janeiro, 2008.

PINTO, Silvia Helena Boarin. **Tendencias dos Programas da Qualidade: Um Survey em Empresas de Grande Porte no Brasil**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ROTONDARO, Roberto G. Et al. **Seis Sigma: Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**. Editora Atlas, São Paulo, 2008.

TRAD, Samir. **Seis Sigma: Fatores Críticos de Sucesso de sua Implantação e Impacto Sobre Desempenho Organizacional**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.