



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

AUMENTO DA PRODUTIVIDADE EM INDÚSTRIAS DE REFRIGERANTE PET ATRAVÉS DA FERRAMENTA SEIS SIGMA

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO
POR**

THIAGO DE LUNA CAMPOS

Orientador: Luciano Naldler Lins

RECIFE, DEZEMBRO / 2009

C198a Campos, Thiago de Luna.

Aumento da produtividade em indústrias de refrigerante PET através da ferramenta Seis Sigma/ Thiago de Luna Campos. - Recife: O Autor, 2009.
x, 97 folhas., il., gráfs., tabs.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco.
CTG. Engenharia de produção, 2009.

Inclui Referências.

1. Engenharia de produção. 2. Seis sigma. 3. Otimização do uso da água. 4. Produtividade - refrigerante. I. Título.

658.5 CDD (22. Ed.)

UFPE
BCTG/2010-007

THIAGO DE LUNA CAMPOS

**AUMENTO DA PRODUTIVIDADE EM INDÚSTRIAS DE
REFRIGERANTE PET ATRAVÉS DA FERRAMENTA SEIS
SIGMA**

RECIFE – PE

2009

AGRADECIMENTOS

Primeiramente aos meus pais, que sempre me incentivaram e me apoiaram em todas as fases de minha formação, pois sem eles não seria possível a realização do sonho de obter uma graduação em uma das mais conceituadas universidades do país. Um dia retribuirei tudo que fizeram por mim.

Aos meus irmãos e amigos e namorada, que sempre estiveram ao meu lado não só nos momentos felizes como também nos tristes e inevitáveis momentos.

Ao meu grande amigo Márcio Ferreira pelo seu apoio e companheirismo em toda a caminhada acadêmica. A minha gratidão e meu desejo de que Deus abençoe sempre a sua vida, sua família e seus trabalhos.

Ao Gerente de Fábrica Sérgio Henrique Neves da Coca-Cola Guararapes pela orientação, compreensão e apoio que ofereceu para que este projeto se tornasse realidade, dedicando parte do seu tempo a esta dissertação em detrimento de seus inúmeros afazeres.

Ao meu Coordenador Sênior de Produção da Coca-Cola Guararapes, Fábio Leopoldino Xavier, que teve compreensão nas horas e dias necessários para estudos focados às disciplinas do curso.

Ao orientador Professor e Coordenador do curso de Engenharia de Produção da Universidade Luciano Lins com que orientou na execução do trabalho e pela paciência e tranquilidade nos momentos de preocupação e incertezas.

Agradeço a Deus que sempre iluminou meu caminho, me deu forças para sempre lutar pelas conquistas e superar derrotas, e sempre colocou pessoas boas em meu caminho.

RESUMO

Considerando que o Complexo Industrial Portuário de Suape é um grande potencial para a instalação de novos empreendimentos de grande porte, a tendência é que nos próximos cinco anos a demanda de água bruta ou tratada aumente a níveis preocupantes. A vazão da fábrica da Coca-Cola Guararapes de Suape é de 25L/s e retirada dos 120L/s que o reservatório de Utinga tem capacidade de fornecimento, logo a mesma capta 20% de toda a água consumida no Complexo. O presente trabalho, com conceitos das ferramentas da qualidade, processo e o programa Seis Sigma estuda a aplicação da Metodologia Seis Sigma – Modelo DMAIC – para a otimização no uso da água em um dos fabricantes e engarrafadores autorizados pela Coca-Cola Brasil, a Coca-Cola Guararapes, unidade de Suape. A aplicação da Metodologia é apresentada por meio de estudo de caso, onde se demonstram as etapas realizadas em cada fase da aplicação do modelo DMAIC, para se obter uma melhoria de um processo, através da mediação antes e depois das implementações. A utilização do Seis Sigma aumenta as chances de que resultados positivos sejam alcançados. Isso se deve a sua estrutura, que, em cada fase, emprega várias outras ferramentas básicas, focando em detalhes, possibilitando uma análise do processo, um embasamento para a tomada de decisão de mudança visando uma melhoria. Contudo, o trabalho conclui que o programa adotado em empresas que investem em infraestrutura e treinamento de pessoal, possibilita obter os benefícios financeiros almejados assim como alcançar seus objetivos de maneira sustentável.

Palavras-chave: *Seis Sigma. Sustentabilidade. Otimização do uso de água. Produtividade.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema Seis Sigma.....	6
Figura 2: Correspondência entre DMAIC e o PDCA, adaptado de WERKEMA Consultores.	10
Figura 3: Entendendo o processo SIPOC.....	15
Figura 4: Formulário de Planejamento do Projeto.....	19
Figura 5: Esquema dos componentes do Storyboard da etapa Definir o Projeto.....	20
Figura 6: Simbologia utilizada em fluxogramas.....	22
Figura 7: Esquema dos componentes do Storyboard da etapa Medir o Projeto.....	30
Figura 8: Esquema dos componentes do Storyboard da etapa Analisar o Projeto.....	34
Figura 9: Esquema dos componentes do Storyboard da etapa Melhorar o Projeto.....	42
Figura 10: Ligação entre o PMCS e as etapas do DMAIC.....	45
Figura 11: Ligação entre o PMCS e as etapas do DMAIC.....	46
Figura 12: PMCS.....	46
Figura 13: Resumo de a etapa Controlar.....	49
Figura 14: Resumo do processo de fabricação de refrigerante.....	56
Figura 15: Snakes and Ladders do Processo Core.....	58
Figura 16: Fluxograma do Tratamento de Água.....	60
Figura 17: Processo de Múltiplas Barreiras.....	61
Figura 18: Gráfico de consumo e desperdício de água em 2006.....	63
Figura 19: Gráfico de consumo e desperdício de água em 2007.....	63
Figura 20: Balanço de Água.....	64
Figura 21: Composição dos custos de água.....	65
Figura 22: Planejamento do projeto de otimização do uso de água.....	66
Figura 23: Balanço Hídrico.....	67
Figura 24: Pontos de Medição.....	68
Figura 25: Indicadores na otimização do uso da água.....	69

Figura 26: Gráfico de Pareto do consumo de água	70
Figura 27: Gráfico de Pareto do consumo de água tratada inclusive o produto	71
Figura 28: Gráfico de Pareto do consumo de água tratada	71
Figura 29: Gráfico de Pareto do consumo de água declorada	72
Figura 30: Gráfico de Pareto do consumo de água semi-tratada	73
Figura 31: Foto ilustrativa do jato para codificação	74
Figura 32: Recuperação da água da osmose	75
Figura 33: Coluna de troca iônica	75
Figura 34: Balanço Hídrico com pontos a serem reaproveitados e já reaproveitados	76
Figura 35: Diagrama de Causa e Efeito Água Tratada	77
Figura 36: Diagrama de Causa e Efeito Água Declorada	78
Figura 37: Diagrama de Causa e Efeito Água Semi-Tratada	78
Figura 38: Matriz 1 de seleção da solução	82
Figura 39: Matriz 2 de seleção da solução	83
Figura 40: Análise custo x benefício	84
Figura 41: <i>Check list</i> de inspeção	89
Figura 42: PMCS	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados do ponto de medição	79
Tabela 2: Validação das causas	80
Tabela 3: Possíveis soluções.....	81
Tabela 4: Soluções de problemas	85
Tabela 5: Dados consumo específico ano de 2006	86
Tabela 6: Dados volume de produção ano de 2006	86
Tabela 7: <i>Saving</i> período de implementação das primeiras ações em 2006	87
Tabela 8: Consumo específico no período de implementação das primeiras ações em 2007	87
Tabela 9: <i>Saving</i> no período de implementação das primeiras ações em 2007	88
Tabela 10: Volume de produção período de implementação das primeiras ações em 2007	88
Tabela 11: Consumo específico em 2007	91
Tabela 12: <i>Saving</i> em 2007	92
Tabela 13: Volume de produção em 2007	92

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Apresentação do Problema	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo Geral	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. Metodologia.....	2
1.4. Organização do Trabalho.....	3
2. REFERENCIAL TEÓRICO SOBRE O SEIS SIGMA.....	4
2.1. Estrutura do Seis Sigma	7
3. METODOLOGIA DMAIC.....	10
3.1. DEFINIR O PROJETO	11
3.1.1. Identificar Oportunidade ou Gap	11
3.1.2. Identificar os CTQS do cliente.....	12
3.1.3. Delimitar o escopo do projeto	15
3.1.4. Indicador de Melhoria	16
3.1.5. Definição Preliminar do Problema.....	17
3.1.6. Planejamento do Projeto.....	18
3.2.1. Criar Mapa Detalhado do Processo.....	21
3.2.2. Coletar Dados do Defeito e do Processo.....	24
3.2.3. Análise de Dados com Ferramentas Gráficas	25
3.2.4. Desenvolver a Definição Final do Problema	29
3.3. ANALISAR O PROJETO.....	31
3.3.1. Identificar as Causas-Raiz Potenciais	31
3.3.2. Organizar Causas-Raiz Potenciais	32
3.3.3. Coletar Dados para Verificar Causas-Raiz	33

3.3.4. Quantificar Relações de Causa-Efeito e Confirmar Causas-Raiz	33
3.4. MELHORAR O PROJETO.....	35
3.4.1. Identificar Soluções Possíveis para Causas-Raiz	35
3.4.2. Selecionar Soluções.....	38
3.4.3. Conduzir Análise de Custo/Benefício.....	39
3.4.4. Desenvolver Planejamento e Treinamento	40
3.4.5. Avaliar Resultados.....	41
3.5. CONTROLAR O PROJETO.....	43
3.5.1. Desenvolver e Documentar as Práticas Padrão.....	43
3.5.2. Construir o Sistema de Controle do Gerenciamento do Processo.....	45
3.5.3. Treinar Pessoal, Implementar Completamente as Soluções e o PMCS	47
3.5.4. Fechar Projeto, Comemorar e Extrapolar	48
4. O SEIS SIGMA EM UMA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES	50
4.1. O NASCIMENTO DA COCA-COLA	50
4.2. A EMPRESA COCA-COLA	50
4.3. O NASCIMENTO DO PET	52
4.4. CONHECENDO O PROCESSO DE PRODUÇÃO	53
4.5. RESUMO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UM REFRIGERANTE	56
4.6. O PROJETO	57
4.7. DEFINIR O PROJETO	57
4.7.1. Identificar Oportunidade ou Gap	57
4.7.2. Identificar os CTQs do cliente	57
4.7.3. Delimitar o escopo do projeto	58
4.7.4. Indicador de Melhoria	62
4.7.5. Definição Preliminar do Problema.....	65
4.7.6. Planejamento do Projeto.....	66
4.8. MEDIR O PROJETO	67

4.8.1. Criar Mapa Detalhado do Processo.....	67
4.8.2. Coletar Dados do Defeito e do Processo.....	69
4.8.3. Análise de Dados com Ferramentas Gráficas	70
4.8.4. Desenvolver a Definição Final do Problema	73
4.9. ANALISAR O PROJETO.....	74
4.9.1. Identificar as Causas-Raiz Potenciais	74
4.9.2. Organizar Causas-Raiz Potenciais	77
4.9.3. Coletar Dados para Verificar Causas-Raiz	79
4.9.4. Quantificar Relações de Causa-Efeito e Confirmar Causas-Raiz	80
4.10. MELHORAR O PROJETO.....	81
4.10.1. Identificar Soluções Possíveis para Causas-Raiz	81
4.10.2. Selecionar Soluções.....	82
4.10.3. Conduzir Análise de Custo/Benefício.....	84
4.10.4. Desenvolver Planejamento.....	85
4.10.5. Avaliar Resultados.....	86
4.11. CONTROLAR O PROJETO	89
4.11.1. Desenvolver e Documentar as Práticas Padrão	89
4.11.2. Construir o Sistema de Controle do Gerenciamento do Processo.....	90
4.11.3. Treinar Pessoal, Implementar Completamente as Soluções e o PMCS	91
4.11.4. Fechar Projeto, Comemorar e Extrapolar	93
5. CONCLUSÕES	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96

1. INTRODUÇÃO

Diversas pesquisas têm-se realizado na área de otimização do uso de água, cujo objetivo principal é encontrar o sistema de baixo custo e que atenda aos requerimentos hidráulicos de vazão e pressão nos pontos de consumo. Além disso, a água é um elemento indispensável para a vida humana e de vital importância para o desenvolvimento econômico das regiões.

1.1. Apresentação do Problema

A presença de uma rede hidrográfica relativamente densa e a condição climática normais confere às Bacias Hidrográficas Litorâneas um potencial considerável de armazenamento de água. No entanto, a estiagem que ocorreu por volta de 1998, deixou o município de Recife e sua região metropolitana em vias de colapso de abastecimento de água. Embora a maior parte do abastecimento de água da região metropolitana do Recife esteja vinculada ao sistema Tapacurá, no rio Capibaribe, os rios das Bacias Litorâneas são a grande alternativa de abastecimento dessa região.

Considerando que o Complexo Industrial Portuário de Suape é um grande potencial para a instalação de novos empreendimentos de grande porte, a tendência é que nos próximos cinco anos a demanda de água bruta ou tratada aumente a níveis preocupantes.

A vazão de afluentes das barragens que abastecem o Complexo Industrial Portuário de Suape, Bitá e Utinga, é de 893L/s e 901,5L/s respectivamente, estando disponível para operação de abastecimento apenas 36% de cada uma.

De acordo com as informações do CPRH (Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos) e da Compesa, a capacidade de adução para a ETA (Estação de Tratamento de Água) é de 800L/s, nesse caso verificamos que uma barragem está completamente comprometida (Bitá - 893L/s). Restando somente, o reservatório de Utinga - 901,50L/s para suprir a demanda futura, ressaltando que 420L/s poderão ser retirados e apenas 120L/s dessa vazão estão disponíveis para o complexo industrial em forma de água bruta.

A vazão da fábrica da Coca-Cola Guararapes de Suape é de 25L/s, retirada dos 120L/s, logo a mesma capta 20% de toda a água consumida no Complexo.

A instalação de mais nove empreendimentos com vazão semelhante da Indústria em questão será o suficiente para atingir a vazão disponível de água bruta total.

Por isso, existe uma preocupação por parte desta Indústria de Refrigerantes em não desperdiçar esse recurso natural, afinal a água é o negócio desta Fábrica.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo com um nível de detalhes suficiente para que seja possível aumentar a produtividade em uma indústria de refrigerante pet através da ferramenta Seis Sigma.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar um levantamento bibliográfico da metodologia Seis Sigma como forma de compreender as suas características, aplicações, ferramentas e benefícios;
- Apresentar como os programas Seis Sigma podem ser conduzidos em indústrias de refrigerante PET;
- Aplicar a seqüência de etapas do ciclo de uma metodologia da ferramenta Seis Sigma, DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), ao processo em estudo.

1.3. Metodologia

Através da ferramenta Seis Sigma, é possível se atingir grandes objetivos e gerar grandes benefícios para as organizações, além de construir um ambiente sustentável para a empresa e garantir ao país que há uma utilização consciente deste recurso, pois o futuro de todas as empresas dependerá deste tão importante e essencial recurso natural.

A proposta da metodologia DMAIC apresentada neste trabalho é definir os problemas e situações a melhorar, medir para obter a informação e os dados, analisar a informação coletada, incorporar e empreender melhorias nos processos e controlar os processos ou produtos existentes com a finalidade de alcançar etapas ótimas, o que por sua vez gerará um ciclo de melhoria contínua, segundo Rotondaro (2002).

1.4. Organização do Trabalho

No capítulo 2, é feita uma abordagem sobre o referencial teórico da Metodologia Seis Sigma, as considerações sobre o programa, um breve histórico, descrevendo alguns conceitos fundamentais e expondo algumas visões de diferentes autores sobre o programa. É conhecida neste capítulo a estrutura dos Belts e suas responsabilidades dentro dos projetos, assim como a implantação e aplicação da metodologia.

No capítulo seguinte é descrita, e uma detalhada descrição das etapas da metodologia DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) apresentando seus objetivos, as principais atividades, as ferramentas normalmente utilizadas, o que cada etapa produz como resultado.

No quarto capítulo, um estudo sobre o tão conhecido polímero Politereftalato de Etileno, o PET. Ainda neste capítulo, é apresentado um histórico deste material assim como o desenvolvimento internacional e nacionalmente e foi descrito um resumido histórico da empresa onde foi realizado este estudo do Aumento de Produtividade de Indústria de Refrigerante Pet através da ferramenta Seis Sigma. Também foi descritas de maneira breve algumas etapas do processo de produção e fabricação da Coca-Cola Suape. Por fim, é realizado um estudo de caso referente à otimização do uso da água na Coca-Cola Suape, sendo aplicadas todas as etapas do DMAIC descritas neste trabalho.

No quinto capítulo são apresentadas as conclusões do projeto. São comentadas algumas observações a respeito da utilização da ferramenta e da postura que os participantes devem ter para que o sucesso seja atingido. Algumas dificuldades encontradas para o sucesso do projeto também são apresentadas neste capítulo a fim de prevenir possíveis recorrências de estudos futuros e as recomendações para futuros trabalhos também é justificada.

2. REFERENCIAL TEÓRICO SOBRE O SEIS SIGMA

De acordo com Pande (2001), o surgimento do programa Seis Sigma, deu-se por volta dos anos 80. A Motorola fundou o “Instituto de Pesquisa Seis Sigma” através da união de forças com empresas como IBM, Asea Brown Boveri, Kodak, AlliedSignal e Texas Instruments.

Segundo Senapati (2004), havia um número elevado e cada vez mais crescente de reclamações referentes à ocorrência de falhas nos produtos eletrônicos manufaturados, e isso ocorria geralmente dentro do período de garantia do produto. Esta situação serviu de motivação para a Motorola alcançar um desempenho de produtos livres de falhas e tinha como principais alvos o aumento da confiabilidade e a redução dos desperdícios.

Para Bañuelas e Antony (2002), um dos casos onde a aplicação do Seis Sigma é mais notório foi na empresa General Eletric, que em 10 anos de aplicação deste programa em todos os seus grupos de negócio, conseguiu alavancar a margem do lucro operacional, conseguindo assim, o título de uma das corporações mais bem sucedidas dos Estados Unidos da América.

Pode-se dizer que esta ferramenta é uma estratégia importante na obtenção de resultados finais, pois associa o foco na redução de desperdícios, por meio do pensamento enxuto do *Lean*, à minimização de variabilidade do sigma do processo, numa abordagem estruturada, que maximiza os ganhos e facilita a resolução dos problemas, usando o DMAIC para aplicar às ferramentas e conceitos apresentados.

Segundo Linderman (2003), o fundamental princípio do programa em questão é a redução contínua da variação nos processos, e desta forma extinguir as falhas nos produtos e serviços. É visto na atualidade como uma prática de gestão globalizada, que busca melhorar a lucratividade de quaisquer que sejam o setor de atividade e a empresa, sejam serviços ou produtos, independente do porte desta empresa.

De acordo com Blauth (2003), o foco do Seis Sigma é basicamente identificar os maiores e talvez a junção dos menores problemas das companhias, designando seus melhores e mais capacitados profissionais para trabalhar nestes problemas, providenciando as ferramentas e os recursos necessários e adequados, concentrando esforços e assim obtendo os resultados esperados. É também uma abordagem para a administração dos negócios, uma filosofia de melhoria contínua, uma visão audaciosa, um benchmarking, uma meta, uma infra-estrutura de

melhorias, uma série de métodos e ferramentas comprovados, um indicador de alto nível, um gerenciamento de processo, entre outras descrições.

Muitas organizações estão interessadas apenas em controlar algumas partes cruciais dos processos e não alertam aos impactos que uma pequena falta de controle pode causar. Para alguns, controlar totalmente 50% da qualidade de seus produtos é interessante. Para outros apenas 80% é o limite inferior. Mas, afinal, quanto devemos nos preocupar em controlar nossa qualidade no processo?

Um processo com 99,9% de qualidade, para uma grande parte das empresas é um número apenas imaginário e inatingível. Supondo que tenhamos este percentual de qualidade em alguns processos, isso significaria: Ao menos 1.000.000 de refrigerantes de má qualidade da Coca-Cola servidos diariamente; Ao menos 200.000 prescrições de remédios errôneas por ano; Dois acidentes diários em pouso e decolagem no aeroporto de Chicago; Cerca de 500 acidentes cirúrgicos por ano; Mais de 15.000 recém nascidos deixados cair pelas enfermarias por ano; 25.000 artigos de correio perdidos ou entregues incorretamente por hora; Mais de 9.000 veredictos equivocados por ano. A variação no processo é estudada friamente para que fatos como os supracitados não ocorram, ou seja, minimizados. Esta variação existente no processo com relação às especificações é o chamado sigma do processo.

Para a oportunidade de defeito, contam o número de vezes que um requisito poderia deixar de serem atendidas, não as maneiras pelas quais isso ocorreria. Deve ter alguma relação com a complexidade de processos de valor agregado, isto é, processos mais complexos devem ter mais oportunidades do que processos mais simples.

Determinar os níveis de sigma do processo permite que os desempenhos destes processos sejam comparados ao longo de toda uma organização, pois é independente do processo. Trata-se somente de uma determinação de oportunidades e defeitos. Os sigmas do processo são usados normalmente durante a análise dos dados.

Segundo Perez-Wilson (1999), uma das prioridades do Seis Sigma, refere-se à escolha da equipe que será envolvida na implantação e aplicação do programa. Esta equipe deve ser treinada e capacitada para que as convergências do projeto possam fluir normalmente e as dificuldades sejam diminuídas. Além disso, a implementação, a condução e avaliação dos resultados obtidos com os projetos executados, são a base e sustentação do programa.

Diversas ferramentas para a identificação, análise e solução de problemas, são utilizadas na aplicação.

A forma estruturada das ferramentas e procedimentos fará a diferença na implantação do programa. Assim, a participação e o comprometimento de todos os níveis e funções da empresa é o fator mais importante para o sucesso da implantação do programa Seis Sigma, além do compromisso da alta administração, pro atividade de todos os envolvidos no programa.

Um fator que também é de extrema importância na implantação do Seis Sigma, é uma infra-estrutura adequada da organização que garanta a introdução, desenvolvimento e continuidade do programa. O treinamento de todos os envolvidos com o programa é um dos requisitos relevantes de uma infra-estrutura adequada.

O Seis Sigma abrange duas principais metodologias: DMAIC e DMADV. O DMAIC é utilizado para um processo existente e o DMADV é utilizado quando um novo produto ou processo é criado. Segue figura 1 que representa um resumo do Seis Sigma:



Figura 1: Esquema Seis Sigma

2.1. Estrutura do Seis Sigma

De fato, a equipe Seis Sigma é a “responsável” direta para o sucesso do programa, afinal ele é constituído essencialmente por pessoas. As organizações devem montar sua equipe de forma que se adapte a suas condições, porém o mais importante é que as pessoas tenham disponibilidade para se dedicar, estudar e trabalhar.

De acordo com Valle (1996), Edvinsson (1998) e Sullivan (1999), para que o programa Seis Sigma tenha sucesso na organização, faz-se necessário treinar e capacitar pessoas com apropriado perfil, que se transformarão em especialistas no método e nas ferramentas que constituem a estratégia. Estes especialistas são:

Champions (Sponsor) – Gerentes de implementações que decretam o destino que o Seis Sigma irá tomar e que têm a responsabilidade de apoiar os projetos e deslocar possíveis barreiras para o seu desenvolvimento. Os *Champions* devem ser capazes de pavimentar “calçar” o caminho para as mudanças necessárias e para a integração de resultados. São eles quem decidem quais as pessoas que irão disseminar os conhecimentos sobre o Seis Sigma por toda a organização, e irão dispor uma determinada quantidade de projetos. São indivíduos de nível hierárquico elevado na organização, que entendem a ferramenta e estão comprometidos com seu sucesso.

Master Black Belt – São profissionais que atuam em tempo indefinido como mentor dos *Black Belts* coordena todos os trabalhos dos *Black's* e assessoram os *Champions* na identificação de projetos de melhoria. Este *Belt* contém, o nível mais alto de domínio técnico e organizacional. É as lideranças técnicas do programa Seis Sigma. Logo, precisam entender tudo que sabem os *Black Belts* e mais, pois também devem entender a teoria matemática na qual os métodos estatísticos se baseiam. Os *Master Black Belts* têm de ser capazes de prestar assistência aos *Black Belts* na correta aplicações dos métodos em situações incomuns. E, dada a natureza de suas obrigações, suas habilidades de comunicação e ensino são tão importantes quanto sua competência técnica. Sempre que possível, o treinamento estatístico deve ser conduzido exclusivamente por *Master Black Belts*. De outra forma, pode haver erros de maneira em sequência, ou seja, *Black Belts* passa adiante os erros aos *Green Belts*, que por sua vez, passam posteriormente erros ainda piores aos integrantes das equipes. Caso seja

necessário que *Black Belts* e *Green Belts* ministrem treinamento, somente o devem fazer sob a supervisão e orientação de *Master Black Belt*.

Black Belt – São profissionais que conduzem ou lideram equipes nos projetos Sis Sigma e atinge maior visibilidade na estrutura do programa. O *Black Belt*, ou “Faixas Pretas” deve redundar o seguinte perfil: iniciativa, entusiasmo, habilidades de relacionamento interpessoal e na comunicação, motivação para buscar os resultados e efetuar mudanças, influências no setor onde atua habilidade para trabalhar em equipe e apurado conhecimentos técnicos de sua área de trabalho. Geralmente, o *Black Belt* conduz nas organizações cerca de cinco projetos por ano que podem gerar reduções de custo significativas, melhoria dos tempos de ciclo do produto ou serviço, eliminação de defeitos e acréscimo importante da satisfação do cliente. A duração de cada projeto depende da complexidade, da disponibilidade de equipamentos de medição apropriados e do dinheiro disponibilizado para o mesmo. Estes profissionais devem estar envolvidos de maneira ativa no processo de desenvolvimento e mudança organizacional. Podem proceder de ampla diversidade de disciplinas e não precisam ter sido treinados formalmente como estudiosos nas áreas de estatística ou engenharia. Todavia, como há necessidade de domínio de uma grande variedade de ferramentas técnicas em curto prazo, os candidatos precisarão de experiência e afinidade com dados matemáticos e análises quantitativas.

Green Belt - É profissional das equipes lideradas pelos *Black Belts* na condução dos projetos Seis Sigma. Estes “Faixas Verdes” são funcionários de toda a empresa que dedicam apenas tempos parciais aos projetos envolvidos. Recebem um treinamento menos detalhado que os *Black Belts* e se envolvem em projetos diretamente relacionados ao seu dia-a-dia de trabalho. O *Green Belt* auxilia o *Black Belt* na busca e captação dos dados e no desenvolvimento de experimentação, além de ser a liderança dos pequenos projetos de melhoria em suas respectivas áreas de atuação. Estes são os líderes de projetos Seis Sigma que possuem capacidade de formar, facilitar equipes e gerenciar os projetos desde a idéia propriamente dita até o desfecho. O *Green Belt* passa por treinamento numa programação conduzida em conjunto com os projetos e que envolvem o gerenciamento de projetos, ferramentas de gerenciamento da qualidade, solução de problemas e análise descritiva de dados.

White Belt – São profissionais do nível operacional da empresa, que são treinados nos assuntos essenciais do Seis Sigma para que possam dar apoio e suporte aos *Green Belts* e

Black Belts na implementação dos projetos. Geralmente ficam com atividades pouco decisórias e com intensivo trabalho “braçal”.

3. METODOLOGIA DMAIC

Desenvolvido por Edwards Deming, o DMAIC é uma ferramenta que tem como base a utilização de métodos estatísticos para definir os problemas e situações a melhorar, realizar a medição para obter os dados e informações, analisar os dados e informações coletadas na etapa anterior, realizar as melhorias nos processos e controlar os processos ou produtos existentes. Esta metodologia inclui cinco etapas: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar.

De acordo com Pande, Peter S.; Neuman, Robert P.; Cavanagh, Roland R. (2001), esta e muitas outras metodologias de resolução de problemas são baseadas na mesma lógica do ciclo PDCA (Planeje, Execute, Verifique, Ações), introduzido por W. Edwards Deming.

A figura 2 mostra como ambos estão relacionados e como, de certa forma, o DMAIC refina o PDCA, organizando melhor as etapas:



Figura 2: Correspondência entre DMAIC e o PDCA, adaptado de WERKEMA Consultores.

3.1. DEFINIR O PROJETO

Segundo George (2002), esta etapa tem a importância e o intuito de principalmente definir o objetivo, o escopo e as principais etapas do projeto (delimitar o projeto), a fim de obter um mapa de alto nível do processo, definir de maneira preliminar o problema e planejar o projeto.

Na fase **Definir**, para um melhor entendimento faz-se necessária divisão das principais etapas, como segue:

3.1.1. Identificar Oportunidade ou Gap

Nesta etapa o projeto deve ser relacionado a uma questão crucial dos negócios e o projeto se refere a um processo claramente definido. Pode-se identificar os clientes que usam ou recebem a saída desse processo, identificar claramente qual é o defeito e contar seu número de ocorrências, demonstrar como as melhorias influiriam positivamente no desempenho financeiro.

Estima-se a oportunidade total de melhoria (\$) e os benefícios potenciais ao projeto (\$) usando elementos *hard e soft*. Os **Benefícios Diretos** (*hard*) são relacionados à economia e rendimento diretamente rastreáveis para a fonte do benefício. Para serviços, podem reduzir o tempo de ciclo das reclamações e eliminar sistemas redundantes de TI, por exemplo. Para produtos, pode reduzir o refugo o retrabalho e aumentam a produtividades, por exemplo. Já os **Benefícios Indiretos** (*soft*) são relacionados com a economia ganha em despesas gerais e em custos compartilhados. Exemplificando para serviços, pode reduzir o número de recorrências e de pedidos repetidos. Na situação de produtos, pode diminuir as falhas na elaboração do produto e reduzir a demanda por garantia, por exemplo.

Os **Benefícios Intangíveis** (*soft*) tem potencial para aliviar os riscos. Nos serviços, pode evitar dívidas e multas e mantêm a satisfação do cliente. Já em produtos, reduzem as vendas perdidas devido à falha no produto ou serviço.

Vale salientar que há uma grande relevância no planejamento da equipe. É geralmente um acordo entre a gerência e a equipe a respeito do que é esperado do projeto. Segue alguns motivos da real importância:

- Esclarece o que se espera da equipe
- Mantém a equipe focada
- Mantém a equipe alinhada às prioridades da organização
- Transfere o projeto da equipe de liderança e do(s) sponsor(s) para a equipe de projeto
- É documentado em um **Formulário de Planejamento de Projeto**

3.1.2. Identificar os CTQS do cliente

Segundo Hahn (2001), faz-se necessária identificação das “*Características Críticas para a Qualidade (CTQ)*”, que nada mais é que uma descrição de um atributo do produto ou serviço que influencia a decisão de compra do cliente.

Os CTQS existem em vários níveis de processos e devem ser definidos de modo que indicadores possam ser criados para medi-los. Como exemplo, tem-se: pontualidade de entrega, precisão de definições, conformidade, conhecimento dos produtos e serviços, entre outros.

No caso de **serviços**, possíveis CTQS do cliente são:

- Confiabilidade
- Receptividade
- Competência
- Acessibilidade
- Cortesia
- Comunicação
- Credibilidade
- Segurança
- Entendimento
- Tangibilidade

Para as Características da Qualidade do **produto**, tem-se:

- Desempenho
- Características
- Conformidade
- Disponibilidade
- Confiabilidade
- Utilidade
- Durabilidade
- Estética
- Reputação

A determinação das Características Críticas para a Qualidade é decisiva para o direcionamento do projeto. Definir quem são os clientes externos e internos e escutando a “**Voz do cliente (VOC)**”, que é usada para descrever as necessidades dos clientes e suas percepções quanto a seu produto ou serviço. Será necessário entender a Voz do Cliente e determinar seus atributos CTQS para focar na melhoria do projeto de maneira apropriada e para desenvolver os indicadores corretos.

Os **clientes externos** são grupos ou indivíduos de fora da empresa que recebem ou são afetados pelos produtos ou serviços por ela produzidos. Entre os clientes externos estão não somente aqueles que compram os produtos e serviços, mas também os reguladores governamentais, os acionistas e os que vivem nas comunidades próximas. Há, portanto, duas categorias de clientes externos: **Diretos** e **Stakeholders**. Os clientes **Diretos** são os que recebem e usam os produtos e serviços e de acordo com Campbell (1997), os **Stakeholders** são afetados pelo processo ou têm autoridade sobre o processo, mas que podem não usar os produtos e serviços.

Os **clientes internos** são grupos ou indivíduos cuja habilidade para desempenhar uma tarefa é afetada pela qualidade dos produtos ou serviços oferecidos a eles. A expressão “**o próximo processo é o cliente**” é usada frequentemente para descrever a interação e a dependência mútua entre os processos de uma organização. Na verdade, um processo existe dentro de uma cadeia de fornecedores e receptores, cada qual contribuindo de alguma forma para o produto ou serviço fornecido ao cliente externo. As necessidades do cliente externo não serão atendidas a menos que os donos dos processos trabalhem juntos cooperativa e produtivamente, com metas compartilhadas e comunicação aberta.

Os **clientes** contribuem de maneira vital para a qualidade da saída do processo de trabalho. São eles quem determina se o trabalho é de qualidade ou não. Infelizmente, muitos donos de processo não usam o tempo suficiente para identificar claramente o(s) clientes(s) ou o que ele(s) realmente deseja(m). Por exemplo, concentrar-se no cliente externo (usuário final) com o qual o processo deverá ter pouco ou nenhum contato, fará com que “o cliente do próximo processo ou usuário primário seja desprezado”. É muito importante ter bastante tempo para identificar os clientes e suas necessidades.

Detalhando mais “A Voz do Cliente”, têm-se dois Sistemas: **Reativos e Pró-ativos**. Nos Sistemas Reativos as informações chegam até você mesmo que não as busque. Já os pró-ativos, é preciso esforçar-se para conseguir as informações. Alguns exemplos de Sistemas Reativos são: reclamações do cliente (por telefone ou escritas), chamadas para suporte técnico, informações sobre a devolução do produto, linhas com problemas ou ocupadas, SAC, relatório de vendas, reivindicações por garantia. Estes sistemas, geralmente coletam dados de problemas atuais e passados dos clientes, necessidades atuais e anteriores dos clientes não atendidas, interesses atual e passado do cliente por um produto ou serviço específico, entre

outros. Exemplificando também os Sistemas Pró-ativos, tem-se: observação direta do cliente, entrevistas, grupos de foco, pesquisas, cartões de sugestões e comentários, dados coletados durante visitas ou telefonemas, pesquisa e monitoramento de mercado, benchmarking, entre outros.

3.1.3. Delimitar o escopo do projeto

Pode-se dizer que um **Processo de Trabalho** é uma série de ações ou operações repetitivas e sistemáticas por meio da qual uma entrada é utilizada para se chegar a um resultado, que é um produto ou o alcance de um objetivo predeterminado. As ações repetitivas são as que estão em andamento ou recorrentes. As ações ou operações são observáveis e definíveis. As entradas e resultados são entradas mensuráveis, transformação do valor e resultados mensuráveis.

Utilizou-se o modelo SIPOC (do inglês, *Supply Inputs Process Output Customer*), para melhor descrever o processo e suas interfaces com os fornecedores e clientes. As principais características desta ferramenta são: foco voltado às tarefas principais; identificação das variáveis que afetam os resultados; relacionar tarefas com insumos, resultados e CTQ's (do inglês, Critical To Quality Tree).

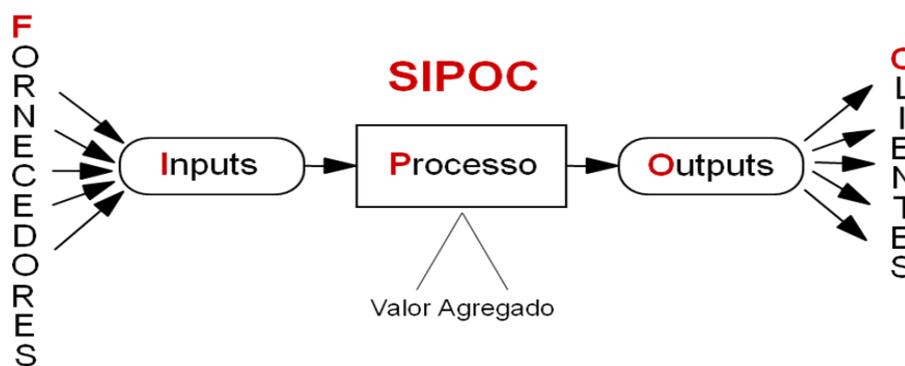


Figura 3: Entendendo o processo SIPOC

Ainda nesta etapa é identificado o **Processo de Operação Core**, que é um foco estratégico do negócio que especificamente visa ao cumprimento da missão da companhia e

servem ao cliente externo. Além disso, incluem os processos de negócios exigidos para definir, desenvolver, construir e servir às necessidades do cliente, conforme o percebido por este. Os Processos Core são ilustrados em diagramas de serpentes.

Dentre os processos supracitados, ainda ressalta-se os **Processos de Suporte** que têm de ser realizados e são críticos para o suporte dos objetivos, mas que não servem diretamente ao cliente e afetam mais do que um processo core, fornecendo informações, métodos, materiais e recursos.

Mesmo com todos os esforços com relação aos processos, projetos, estudos, ferramentas, treinamentos, entre outros, não se deve esquecer de forma alguma que a qualidade está acima de tudo. A qualidade é avaliada pelos clientes com base na saída de um sistema ou processo e focar no trabalho do funcionário individualmente não levam à melhoria da qualidade. Para melhorar a qualidade, o sistema e os processos precisam ser melhorados. Simplesmente focar ou definir um processo não é melhoria, é preciso fazer mudanças e utilizar dados para mostrar que a mudança é uma melhoria.

3.1.4. Indicador de Melhoria

A identificação do indicador que precisa de melhoria é uma etapa essencial e que se precisa de bastante foco. Existem três indicadores a serem pesquisados ou estudados: **Indicadores de Alto Nível** (*TLI – Top Level Indicators*), **Indicadores Outcome** (*Ys*) e **Indicadores Upstream** (*Xs*).

Os **Indicadores de Alto Nível** são medidas para avaliar o desempenho de uma organização ao longo do tempo. Incluem indicadores financeiros e indicadores do cliente relacionados aos CTQS. Já os **Indicadores Outcome**, medem o processo total utilizado para determinar a qualidade do produto ou serviço fornecido aos clientes e relacionam-se com os CTQS e avaliam o grau de conformidade (expresso em defeitos), a fim de validar os requisitos. Os **Indicadores Upstream** são medições feitas em pontos críticos do processo, a fim de avaliar o desempenho antes que seja tarde demais para se realizar uma ação corretiva.

Na determinação dos indicadores precisam-se entender as **Características Críticas para a Qualidade**, concordar com o cliente sobre os requisitos válidos e, por fim, desenvolver

indicadores precisando de melhoria. Quanto ao entendimento dos CTQS, são justamente os atributos que influenciam a decisão de um cliente em comprar o produto ou serviço. Para a concordância com os clientes, relaciona-se às necessidades e expectativas razoáveis do cliente que o fornecedor concordou em oferecer e os Requisitos válidos são definições simples que descrevem como um serviço deve ser prestado para satisfazer o cliente e abrem um canal claro para a comunicação com o cliente. Estes requisitos têm de ser: Razoáveis, Entendíveis, Mensuráveis, Críveis e Possíveis.

Nesta etapa de identificação dos indicadores, é bastante relevante fazer ligações com as especificações. De acordo com Breyfogle (2003), os limites de especificação determinam a variação de desempenho que será tolerada pelo cliente e são estabelecidos dentro dos Requisitos Válidos. Na manufatura, os limites de especificação normalmente vêm de requisitos técnicos ou mecânicos. Do contrário, devem-se basear os limites de especificação nos dados sobre os requisitos válidos dos clientes e por fim estabelecer especificações nos pontos em que a satisfação do cliente está decrescendo perceptivamente.

3.1.5. Definição Preliminar do Problema

Normalmente se acredita que, ao atacar um problema abrangente, pode-se conseguir uma enorme melhoria ou uma grande economia, porém essa abordagem normalmente fracassa, pois é fácil se atrapalhar quando há muitas tarefas a ser feita ao mesmo tempo. Na prática, é mais produtivo focar em um problema relacionado a um indicador específico.

Lembrado que não ajudará muito apenas fazer a “Definição Preliminar” se esta atividade não for realizada com qualidade. Boas definições preliminares de problemas contêm:

- Um as descrições breves, claras e objetivas do problema revelado pelo indicador outcome.
- Informações específicas a respeito do problema (Quem? O que? Quando? Onde? Qual? Como? Quantos?).
- Não incluem soluções ou suposições sobre as causas

Entrando em méritos de custos, tem-se que realizar o Cálculo do Impacto Financeiro ou então na linguagem transformada em valores, conhecida como Custo da Qualidade (COQ – *Cost of Quality*). Faz-se necessário avaliar os Indicadores da Qualidade, Indicadores de Custo e o Lucro e Prejuízo. Os Indicadores da Qualidade são mais relacionados com a prevenção, ação corretiva e controle de processo. Já os Indicadores de custo interligam-se com os custos de prevenção, avaliação, falha, oportunidade perdida e vendas perdidas.

Pode-se definir de maneira breve, que o COQ é o custo para manter ou atender às necessidades dos clientes e estes custos podem variar de acordo com: Falha Interna, Falha Externa, Avaliação (desnecessário ou não agrega valor) e Prevenção.

As Falhas Internas são custos gerados por defeitos ou erros encontrados antes da entrega do produto/serviço ao cliente.

As Falhas Externas são custos gerados por defeitos encontrados após a entrega ao cliente.

Os Custos de Avaliação são os custos gerados para se determinar o grau de conformidade.

Os Custos de Prevenção são os custos relacionados à prevenção ou redução dos custos de falhas e de avaliação.

3.1.6. Planejamento do Projeto

Um planejamento documentado do projeto DMAIC deve haver um **Formulário de Planejamento do Projeto** que deve representar os planos da equipe e o planejamento geral do projeto e estar atualizado por meio da progressão do projeto, além de estar revisado pela Equipe de Liderança no tollgate; recursos e cronometragem. É importante conter um **Plano de Comunicação**, que englobe as partes interessadas e análises de resistências, e também bastante relevante haver um **Plano de Documentação**, pois apóiam os planejamentos e detalham ações ou resultados para cada uma das cinco etapas do DMAIC.

As partes interessadas são as pessoas afetadas pelo projeto ou que podem influenciá-lo, mas que não estão diretamente envolvidas no trabalho. Geralmente são Gerentes cujos orçamentos, resultados, programações ou recursos serão afetados pelo projeto, dono do processo/pessoas que trabalham no processo em estudo, departamentos internos ou grupos cujo trabalho alimenta o processo ou depende dele, clientes que compram ou utilizam o resultado do processo, fornecedores que entregam materiais ou serviços utilizados pelo processo ou departamento financeiro.

A comunicação regular com as partes interessadas pode ajudar a entender o que é importante sobre o seu trabalho, entender quando e como é melhor envolver outras pessoas, evitar erros, identificar melhores soluções para problemas (Fase Melhorar).

Relacionado à Documentação a análise é bastante simples, pois sem documentação, é difícil rastrear dados e tomar decisões ou implementar ações. Além disso, registros precisos facilitam a tomada de decisão, estimulam o progresso das tarefas, previnem o retrabalho e facilitam a preparação de apresentações.

Formulário de Planejamento do Projeto: Documentar o Planejamento

1- Unid. de negócios: <i>Unidade Tratando do Problema</i> Área Problema: <i>Local e Contexto do Problema</i>	
2- Oportunidade ou Gap de Negócios : <i>Definição Concisa que Descreve o Escopo Inicial do Projeto</i>	
Informações sobre a equipe ← <i>Pessoas Disponíveis para Realizar o Trabalho da Equipe</i>	
Sponsor: MBB: BB:	
Membro	% Dedicação
Carga	Carga
Membro	Membro
<i>Tempo Dedicado ao Projeto</i>	
Histórico da equipe: ← <i>Experiência da Equipe e Informações do Problema incluindo o Impacto no Cliente e no Negócio</i>	
Período: <i>Tempo Programado do Projeto (De/A)</i>	
Cronograma	Ferramentas Usadas
Mês	Ferramentas Usadas por Fase
Semana	Ferramentas Usadas por Fase
Planejado	Ferramentas Usadas por Fase
Real	Ferramentas Usadas por Fase
Planejado	Ferramentas Usadas por Fase
Real	Ferramentas Usadas por Fase
Planejado	Ferramentas Usadas por Fase
Real	Ferramentas Usadas por Fase
Planejado	Ferramentas Usadas por Fase
Real	Ferramentas Usadas por Fase
Planejado	Ferramentas Usadas por Fase
Real	Ferramentas Usadas por Fase

■ Planejado

■ Real

Figura 4: Formulário de Planejamento do Projeto

O **Storyboard** também faz parte das documentações, pois informa o andamento do projeto aos líderes de equipe nas revisões de cada etapa do DMAIC e exige entendimento, apoio, aprovação e reconhecimento. Um bom *storyboard* tem lógica, coerência e fluxo.

Para um melhor entendimento, segue um esquema prático do **Storyboard** da etapa **Definir o Projeto**:

DEFINIR: Componentes do Storyboard

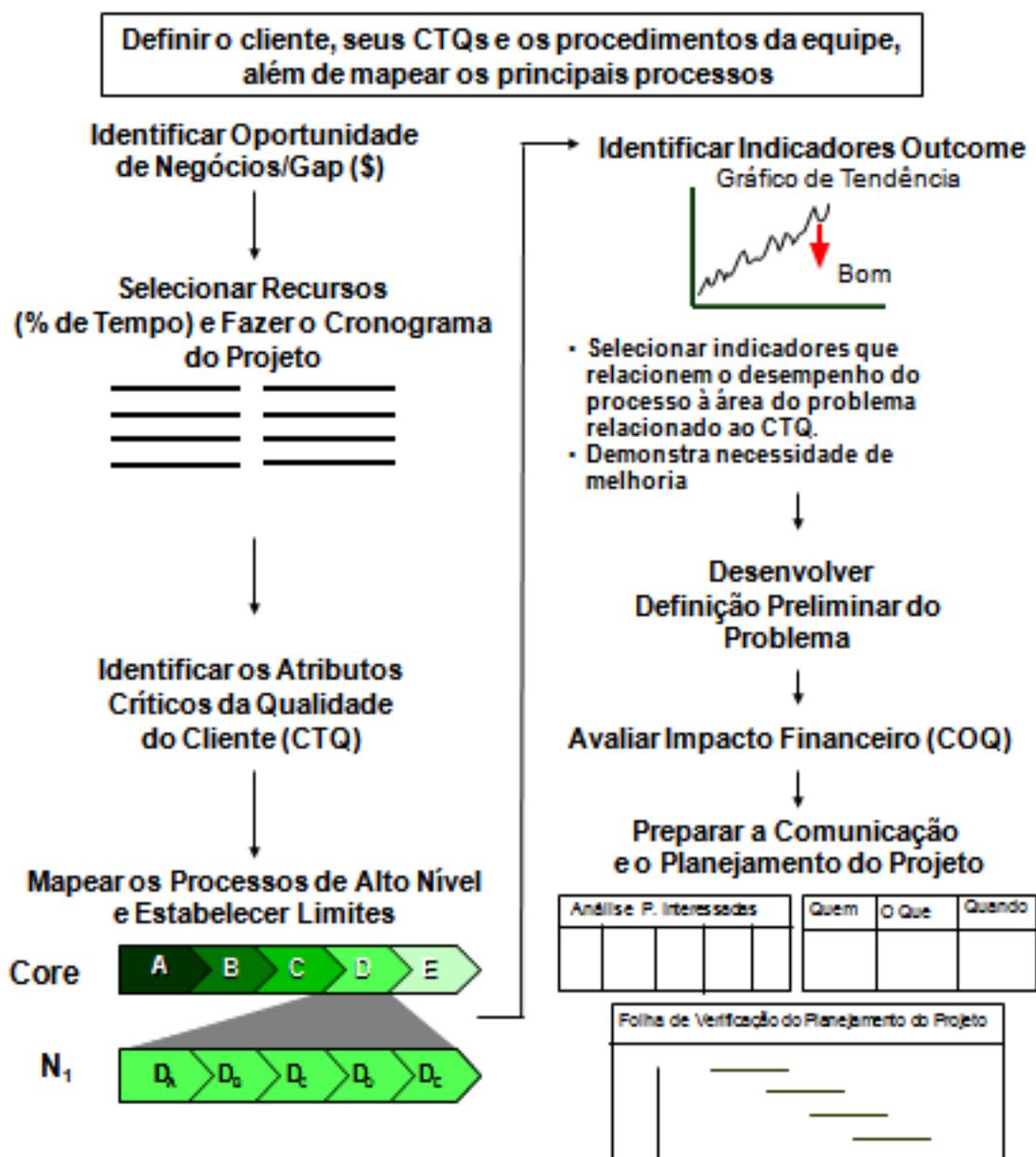


Figura 5: Esquema dos componentes do Storyboard da etapa Definir o Projeto

3.2. MEDIR O PROJETO

Esta etapa tem a importância e o intuito de principalmente medir o desempenho atual do processo e diminuir a área do problema, a fim de buscar os dados que apontam a localização ou ocorrência do problema, entendimento de como funciona o processo atual e definição final do problema.

Na fase Medir, para um melhor entendimento faz-se necessária divisão das principais etapas, como segue:

3.2.1. Criar Mapa Detalhado do Processo

O uso do Mapa do Processo é bastante essencial para que haja um entendimento comum entre as partes do projeto e esclarece as fases de um processo. Além deste aspecto, há uma construção do consenso de como um processo realmente opera e como deve operar e identificam-se as oportunidades de melhoria em um processo, como: complexidade, desperdício, atrasos, ineficiência e gargalos. Lembrando que gargalos é qualquer recurso cuja capacidade limita a quantidade de informação e material que flui dentro do processo ou então qualquer recurso cuja capacidade seja igual ou menor que a demanda em cima deste.

Muitos defeitos surgem porque algo no processo é feito de forma incorreta ou ineficiente. Para melhorar o sigma do processo, é necessário ser capaz de apontar os problemas do processo e encontrar maneiras melhores e mais eficientes para realizar o mesmo trabalho.

Para entender melhor um processo pode-se:

- Criar um fluxograma de seu processo
- Identificar quais fases do processo agregam valor e quais não agregam valor
- Determinar o tempo do ciclo e identificar gargalos
- Procurar erros ou ineficiências que contribuem para os defeitos

Pode-se mapear um processo a partir de quatro diferentes perspectivas:

- O que se pensa ser o processo
- O que o processo realmente é
- O que o processo poderia ser
- O que o processo deveria ser

Um fluxograma básico mostra as fases do processo em sequência. Para entender a situação atual com detalhes suficientes, pode-se achar necessário um fluxograma mais detalhado. Porém o nível dos detalhes varia dependendo da necessidade e circunstância e as informações adicionais podem ser escritas sob cada fase. Na busca de um fornecimento de maiores detalhes, utiliza-se um **Fluxograma de Atividade** ou **Funcional**.

Antes de caracterizar os fluxogramas supracitados, faz-se necessária uma apresentação resumida da simbologia utilizada nestes, conforme figura 6:

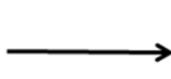
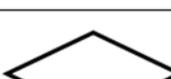
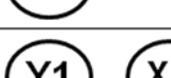
	Uma elipse mostra o início ou o final do processo.
	Um retângulo contém uma frase iniciada por um verbo; representa uma atividade
	Uma flecha indica a direção do fluxo de uma atividade à próxima na seqüência. Apenas um caminho principal é permitido a partir de uma atividade.
	Um diamante significa uma decisão. Normalmente, dois caminhos surgem na decisão-significando “Sim” e “Não” para a questão de dentro do diamante. A resposta “sim” deve apontar para baixo.
	Um círculo com uma letra ou número dentro simboliza a continuação de um fluxograma.
	Um círculo com as letras X ou Y representam a localização de um indicador de saída ou de entrada.
	Um pequeno círculo com uma flecha representa a entrada de uma fonte externa, como um fornecedor.

Figura 6: Simbologia utilizada em fluxogramas

Basicamente, o **Fluxograma de Atividades** possui características como: descrição do processo, direção clara do fluxo (de cima para baixo ou esquerda para direita), fases numeradas, legenda dos símbolos, data da criação ou atualização e nome do criador, nível consistente de detalhes e pontos de início e fim bem definidos.

Para o **Fluxograma Funcional**, contém as pessoas ou grupos listados no topo da primeira linha, o tempo direciona-se para baixo da página, as fases listadas na coluna da pessoa ou grupo realizando a fase ou que estão no comando e contém linhas horizontais que identificam claramente as mudanças de responsabilidade.

Devida importância na criação dos Fluxogramas, é indicado que haja em um trabalho em grupo para que diversos pontos de vistas sejam obtidos. Realizar um **Brainstorming** de fases de ação, arrumar as fases em sequência, verificar se não faltaram fases ou pontos de decisão e consultar as diretrizes para Fluxogramas Funcionais, farão com que o Fluxograma tenha uma qualidade esperada e necessária para um bom andamento e direcionamento do projeto.

Ainda na nesta fase de criação de Mapas Detalhados do Processo, é indispensável que estejam bem claras as fases que agregam valor das que não agregam. Para ilustrar estas fases, segue:

Fases que agregam valor:

- Os clientes desejam pagar por isso
- Muda fisicamente o produto
- É feito na primeira tentativa

Fases que não agregam valor:

- Não são essenciais para produzir resultados
- Não agregam valor ao resultado
- Inclui **DESPERDÍCIO:**
 - Defeitos, erros, omissões.
 - Preparação/setup, controle/inspeção.
 - Produção exagerada, processamento, inventário.
 - Transporte, movimento, espera, atrasos.

3.2.2. Coletar Dados do Defeito e do Processo

Esta etapa tem o objetivo de mostrar como os dados podem ajudar no direcionamento do projeto, assim como a identificar qual a informação é a correta e direcionar onde se devem coletar os dados.

Na busca dos dados para o direcionamento ou validação do projeto, é de extrema importância que se entenda qual a amostragem necessária e suficiente para tal atividade. Para que as conclusões sejam válidas, as amostras devem ser representativas. Assim como os dados coletados devem representar razoavelmente todos os dados e não deve haver diferenças sistemáticas entre os dados coletados e os não coletados. Os estatísticos costumam chamar os aspectos supracitados de “evitar vícios”. Como exemplos de vícios, temos:

- Coletar o que for conveniente a você
- Ter um padrão de seleção que forme alguma estrutura nos dados
- Algumas mudanças no ambiente/processo significam que a amostra não é mais representativa
- Poucos dados
- Instrumento ou método falho de medição

Sabe-se que muitas vezes, não é possível coletar todos os dados de um processo. Na maioria das vezes, tem-se uma grande quantidade de dados e seria impraticável ou muito caro ou muito desgastante coletar e analisar todos eles. Em alguns casos coletar dados pode ser destrutivo (ex: teste de sabor) e é preciso minimizar as perdas do produto. Por estes e outros motivos, que utilizamos o processo de amostragem, que significa coletar somente alguns dados.

Os métodos estatísticos nos permitem elaborar conclusões sobre um processo, mesmo a partir de uma amostra relativamente pequena (isto é chamada “inferência estatística”).

Há diversas maneiras de se coletar os dados. Uma das maneiras mais simples é utilizando uma planilha de Coleta de Dados.

3.2.3. Análise de Dados com Ferramentas Gráficas

Dentre as diversas ferramentas existentes para visualização gráfica, os Gráficos de Tendência, Gráficos de Controle, Gráficos de Barras, Gráficos de Pareto e Gráficos de Pizza são bastante utilizados.

O **Gráfico de Tendência** é um gráfico de dados em ordem cronológica, onde o eixo vertical mostra o valor numérico e o eixo horizontal reflete a passagem do tempo e os pontos são conectados por uma linha que ajuda na interpretação dos dados. É uma forma de representação de dados, de forma a possibilitar um entendimento do significado destes dados. Este gráfico expressa a variação de determinado resultado em determinado período.

Com relação à variação dos dados, medições ou dados coletados na saída de um processo variam ao longo do tempo. Assim como ao analisar dados através do tempo, é preciso observar a variação, ou seja, como os dados diferem de ponto a ponto, pois, certas tendências na variação podem fornecer dicas a respeito da fonte dos problemas. Estas variações podem ser de dois tipos: **Causa Especial** ou **Causa Comum**.

Basicamente as **Causas Comuns** são também conhecidas como variabilidade natural do processo, é inerente ao processo considerado e estará presente mesmo que todas as operações sejam executadas empregando métodos padronizados. As Causas Especiais surgem esporadicamente, devido a uma situação particular que faz com que o processo se comporte de um modo completamente diferente do usual, o que pode resultar em um deslocamento de seu nível de qualidade. Quando um processo está operando sob a atuação de causas especiais de variação dizemos que ele está fora de controle estatístico e neste caso sua variabilidade geralmente é bem maior do que a variabilidade natural. As causas especiais de variação devem ser, de modo geral, localizadas e eliminadas, e além disto devem ser adotadas medidas para evitar sua reincidência. Alguns exemplos de causas especiais de variação são a admissão de um novo operador, a utilização de um novo tipo de matéria-prima e o descumprimento de padrões operacionais.

Os **Gráficos de Controle** são instrumentos para o monitoramento da variabilidade e para a avaliação da estabilidade de um processo. Um gráfico de controle permite a distinção entre

os dois tipos de causa de variação, ou seja, nos informa se o processo está ou não sob controle estatístico. É importante destacar que um gráfico de controle não “descobre” quais são as causas especiais de variação que estão atuando em um processo fora de controle estatístico, mas ele processa e dispõe informações que podem ser utilizadas na identificação destas causas.

Um gráfico de controle consiste basicamente, de uma linha média (LM) que representa o valor médio da característica da qualidade correspondente à situação do processo sob controle, isto é, sob a atuação de apenas causas de variação aleatórias; Um par de limites de controle, representados um abaixo (limite inferior de controle –LIC) e outro acima (limite superior de controle –LSC) da linha média.

Os limites de controles são determinados de forma que, se o processo está sob controle, praticamente todos os pontos traçados no gráfico estarão entre as linhas, formando uma nuvem aleatória de pontos distribuídos em torno da linha média. Os valores da característica da qualidade traçada no gráfico indicam então a situação do processo no que diz respeito ao controle estatístico.

Os **Gráficos de Barra** exibe as séries como conjuntos de barras horizontais. Este tipo de gráfico plano está bem relacionado ao gráfico de colunas, que exibe uma série como conjuntos de barras verticais e o gráfico de barras de intervalo, que exibe uma série como conjuntos de barras horizontais com pontos de início e término variáveis. Além disso, é o único tipo de gráfico que exibe dados horizontalmente. Por esse motivo, é conhecido por representar dados que ocorrem com o tempo, com uma data inicial e final finita. Também é conhecido por mostrar informações categóricas uma vez que as categorias podem ser exibidas horizontalmente.

O **Gráfico de Pareto** é baseado no princípio de Pareto, que normalmente é descrito pela regra “80/20”, que diz que, em muitas situações, aproximadamente 80% dos problemas são causados por apenas 20% dos fatores que contribuem para sua ocorrência. Este princípio implica em freqüentemente podermos resolver um problema pela identificação e eliminação das principais fontes. Diante das considerações supracitadas, há três perspectivas para os Gráficos de Pareto: **Freqüência** (Com que freqüência cada categoria ocorre?), **Severidade**

(Qual a severidade associada a cada categoria?) e **Impacto** (Qual o impacto sobre o cliente ou sobre o negócio associado a cada categoria?).

Alguns aspectos relevantes do Gráfico de Pareto são: a altura do eixo vertical deve representar a soma de todas as ocorrências, as unidades utilizadas devem estar claramente definidas, os dados devem ser divididos em categorias, deve haver uma reta de porcentagem cumulativa para visualizar a porcentagem de contribuição de cada categoria para o problema e uma categoria “Outros” deve ser sempre a última, mesmo que não seja a menor.

Quando todas as barras têm aproximadamente a mesma altura ou muitas categorias são responsáveis pelos problemas, é preciso encontrar outra maneira de examinar os dados.

Gráficos de Pizza são comuns em relatórios devido ao seu impacto visual. Porém, são tipos de gráfico muito simplificado que pode não representar da melhor maneira os seus dados. Basicamente este gráfico compara as magnitudes ou frequências relativas dos itens através de fatias. São utilizados para mostrar a porcentagem com que um item contribui para o todo.

Além das análises gráficas, é de suma importância o estudo do **Sigma do Processo** que nada mais é do que a expressão do rendimento do processo baseada no número de defeitos por milhão de oportunidades.

O **Sigma do Processo** é visto também como a capacidade do processo com relação às suas especificações, onde se usa normalmente o **Yield** como a estimativa da capacidade do processo.

Para determinar os “Yields”, é preciso ter especificações para o processo. Uma questão importante é se as especificações são estabelecidas para o processo como um todo ou para as etapas individuais. É também preciso decidir qual o defeito e qual é a oportunidade de defeito criando definições operacionais.

Para McCarthy e Stauffer (2001), o termo “**Oportunidade de Defeito**” merece atenção diante de sua importância no direcionamento correto do projeto. Uma oportunidade ocorre cada vez que um produto, informação ou serviço é processado, e que um requisito do cliente é atingido ou não. Da mesma forma, as oportunidades de defeito são contadas pelo número de

vezes que um requisito pode não ser atendido, e não pela maneira como pode ser atingido. O número de oportunidades por unidade precisa permanecer constante antes e depois da melhoria e uma oportunidade deve basear-se em um defeito que pode ocorrer ocasionalmente. Se algo nunca foi um problema, não deve contar como oportunidade e este número de oportunidades deve ter relação com a complexidade do processo que agrega valor, ou seja, processos mais complexos têm mais oportunidades do que processos mais simples.

O **Sigma do Processo** pode ser calculado pelo número de itens sem defeito na primeira vez (*First-Time-Through*) em que são processados pelo número final de itens sem defeito após a correção dos defeitos. Na maioria das situações, é interessante basear os cálculos do sigma no número de itens sem defeitos (não precisam de correções) (*First Pass Yield*).

Segundo Pande (2001), no cálculo propriamente dito do **Sigma do Processo**, deve-se fazer o seguinte procedimento:

(1º) Determinar o número de oportunidades de defeito por unidade (O).

(2º) Determinar o número de unidades processadas (N).

(3º) Determinar o número total de defeitos ocorridos (incluir os defeitos ocorridos e corrigidos) (D).

(4º) Calcular os defeitos por oportunidade (DPO):

$$DPO = \frac{D}{N \times O}$$

(5º) Achar o *first pass yield real*.

$$\text{Yield} = \left(1 - \frac{\text{defeitos}}{\text{total oportunidades}}\right) \times 100\%$$

(total de oportunidades = número de unidades x oportunidades por unidade).

(6º) Procurar o **Yield** na tabela de conversão o sigma do processo.

Seguindo o procedimento acima, acha-se o Sigma do Processo e assim sabe-se a capacidade atual do processo.

3.2.4. Desenvolver a Definição Final do Problema

Uma boa definição final do problema contém uma definição mais específica, focada sobre o que está errado em termos de defeitos ou quais necessidades do cliente não estão sendo atendidas, do que a definição preliminar do problema. É necessário também conter os dados atuais do problema (ou defeitos).

Não há regras que informam quando uma definição final do problema está sendo enfocada de forma correta. A meta é estreitar o problema inicial para que seu tempo e recursos sejam usados com mais eficiência. Além destes aspectos, uma definição focada do problema descreve especificamente o que, quando ou sob quais circunstâncias o problema ocorre e/ou quem está envolvido.

Ainda nesta etapa de Definição Final, deve-se determinar a **Meta do Projeto**. A taxa de melhoria do sigma é mais importante do que o nível real de sigma do processo, ou seja, uma meta de nível de sigma do processo deve refletir a quantidade de melhoria necessária.

Para facilitar, uma diretriz para determinar a meta:

- Se o sigma do processo for superior a 3.0, estabelece-se uma meta de melhoria de 2x defeitos.
- Se o sigma do processo for inferior a 3.0, estabelece-se uma meta de melhoria de 10x defeitos.

Importante verificar que o cálculo dos benefícios financeiros potenciais, deve ser com base na Definição Final do Problema.

Para um melhor entendimento, segue um esquema prático do **Storyboard** da etapa **Medir o Projeto** na figura 7:

MEDIR: Componentes do Storyboard

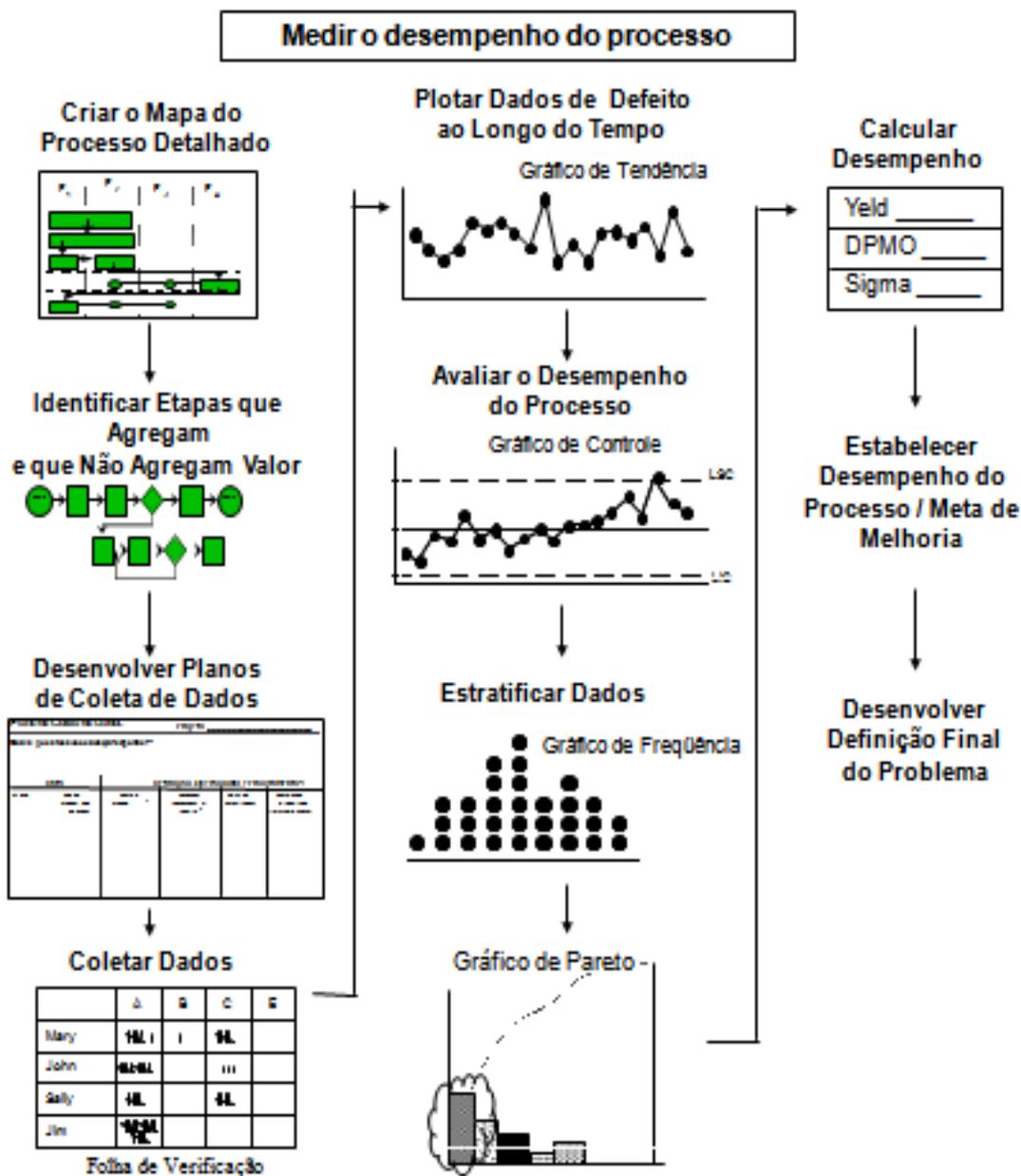


Figura 7: Esquema dos componentes do Storyboard da etapa Medir o Projeto

3.3. ANALISAR O PROJETO

Na etapa de Análise, identifica-se e então prioriza as principais causas de defeitos e mostra as lacunas entre o desempenho atual e o desejado. Há também uma estimativa dos recursos necessários e suficientes para alcançar o desempenho desejado e apontam-se os possíveis obstáculos.

Assim como as etapas anteriores, na fase **Analisar**, para um melhor entendimento faz-se necessária divisão das principais etapas, como segue:

3.3.1. Identificar as Causas-Raiz Potenciais

Nesta fase de Identificação das Causas-Raiz Potenciais, uma das ferramentas bastante utilizada que é a “Tempestade Cerebral”, ou mais conhecida como **Brainstorming**.

De autoria de Alex Faickney Osborn, foi, e é, por este e por seus seguidores, muito utilizada nos Estados Unidos principalmente em áreas de relações humanas, publicitárias e propagandas.

Dentre diversos outros métodos, a técnica de **Brainstorming** propõe que um grupo de pessoas se reúna e se utilizem das diferenças em seus pensamentos e idéias para que possam chegar a um denominador comum eficaz e com qualidade, gerando assim idéias inovadoras que levem o projeto adiante. É interessante que na formação do grupo existam pessoas com fortes conhecimentos da área ou situação em que ocorre o problema e também pessoas de outras áreas para que se analise a questão com uma multiplicidade de pontos de vista.

De maneira objetiva, o **Brainstorming** é um método para gerar muitas idéias rapidamente. Além desse aspecto importante, é bastante utilizado por estimular a criatividade, envolve a todos, cria excitação e energia, separa as pessoas das idéias que surgem, entre outros benefícios.

Outra maneira de se Identificar as Causas-Raiz Potenciais é através do método dos 5 Por Quês. Foi desenvolvida por Sakichi Toyoda (fundador da Toyota), e foi usada no Sistema Toyota de Produção durante a evolução de suas metodologias de manufatura.

Devem-se realizar cinco iterações perguntando o porquê daquele determinado problema, sempre questionando a causa anterior. Na realidade, não é necessário que sejam exatamente cinco perguntas. Podem ser menos ou mais, desde que chegue à real causa do problema.

Também é importante entender que esta é uma ferramenta limitada. Fazer cinco perguntas não substitui em hipótese alguma uma análise de qualidade detalhada. Uma das principais críticas à ferramenta, é que pessoas diferentes provavelmente chegarão à causas-raiz diferentes com estas perguntas.

3.3.2. Organizar Causas-Raiz Potenciais

Uma das maneiras de **Organizar as Causas-Raiz Potenciais** é utilizando o **Diagrama de Causa e Efeito**, também conhecido como **Diagrama de Ishikawa** ou **Espinha de Peixe**. De autoria de Kaoru Ishikawa (1915-1989), esta ferramenta é útil para encontrar, classificar e documentar as causas da variação da qualidade na produção e organizar a relação mútua entre eles. Há uma distribuição gráfica de linhas e palavras que representa uma significativa relação entre um efeito e suas causas, e há uma estruturação das causas potenciais para que as causas-raiz possam ser identificadas e ações corretivas possam ser tomadas. Proporciona um entendimento comum do problema.

Para uso eficiente do **Diagrama de Causa e Efeito**, é interessante ter um problema final estreitamente definido para começar e desenvolver as relações de causa e efeito entre as unidades e subunidades. As causas potenciais no diagrama devem ser eventualmente verificadas com os dados para a confirmação de que elas são as causas-raiz reais.

3.3.3. Coletar Dados para Verificar Causas-Raiz

Muitos esforços e trabalhos iniciam a construção do Diagrama de Causa e Efeito. Porém este diagrama identifica apenas as causas potenciais e precisam-se coletar dados para confirmar quais causas potenciais realmente contribuem para o problema.

Certamente há uma grande possibilidade de se encontrar muitas causas potenciais no Diagrama de causa e efeito, porém é requerido estabelecer prioridades e coletar dados apenas nas causas mais prováveis. A causa potencial é de fato uma teoria na qual dois fatores, uma causa e um efeito estão relacionados. É necessário que tenha os dados para verificar se a relação de causa e efeito realmente existe.

3.3.4. Quantificar Relações de Causa-Efeito e Confirmar Causas-Raiz

Os dados a serem analisados, podem ser definidos como **discretos** e **contínuos**. Os dados discretos surgem quando o número de valores possíveis é ou um número finito ou uma quantidade “enumerável”. Os dados contínuos resultam de infinitos valores possíveis que correspondem a alguma escala contínua que cobre um intervalo de valores sem vazios, interrupções ou saltos.

Quando os dados, tanto de efeito quanto de causa são contínuos, uma ferramenta aplicável seria o Diagrama de Dispersão. Para dados “mistos”, ou seja, uma mistura de contínuos e discretos, uma boa ferramenta seria o Gráfico de Frequência Estratificado. Já para os dados, tanto de causa quanto de efeito, são discretos, têm-se uma boa visualização a Tabela de Contingência, entre outras situações.

Diferentes situações levarão a utilização de diferentes ferramentas. Não é porque uma determinada ferramenta foi usada e obteve-se sucesso, que esta mesma terá o mesmo sucesso em uma ocasião diferente.

Uma vez que as causas-raiz potenciais foram verificadas e a relação de causa e efeito foi quantificada com métodos estatísticos ou gráficos, devem-se confirmar as causas imaginando condições as quais a relação pode ser aplicável. Perguntar a especialista no assunto se as

relações são plausíveis e revisar os procedimentos para garantir que são lógicos, pode ser atitudes bem pensadas. .

Para um melhor entendimento, segue um esquema prático do **Storyboard** da etapa **Analisar o Projeto** na figura 8:

ANALISAR: Componentes do Storyboard

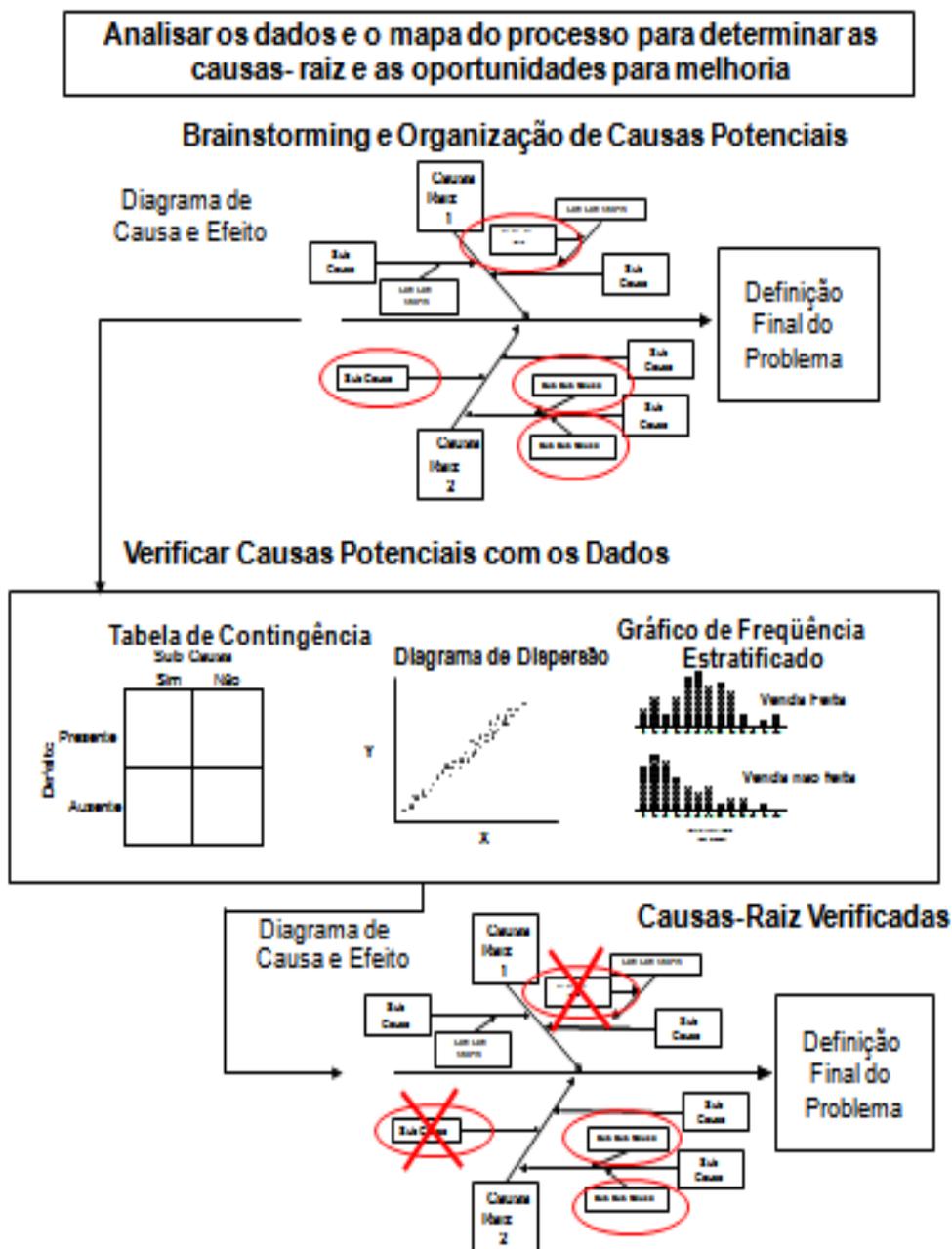


Figura 8: Esquema dos componentes do Storyboard da etapa Analisar o Projeto

3.4. MELHORAR O PROJETO

Esta etapa tem a importância e o intuito de principalmente melhorar o processo desenvolvendo e testando soluções que tratem das causas-raiz. E ao final, espera-se conseguir uma análise de custo x benefício com o aval do setor financeiro, ações planejadas e testadas e os dados de antes e depois devem mostrar quantos dos *gaps* foram fechados.

Na fase Melhorar, para um melhor entendimento faz-se necessária divisão das principais etapas, como segue:

3.4.1. Identificar Soluções Possíveis para Causas-Raiz

Nem sempre se toma as melhores decisões nem soluções para os problemas. Para gerar uma solução plausível e viável, devem-se envolver as pessoas das diversas áreas no projeto, assim como se deve determinar o nível de envolvimento das partes interessadas, pois, as pessoas envolvidas na implementação ou monitoramento terão maior comprometimento com uma solução se fizerem parte de seu desenvolvimento. É necessário revisar o processo e verificar a causa-raiz no Diagrama de Causa e Efeito e identificar as idéias para a solução usando técnicas de geração de idéias. Depois de identificadas algumas idéias, podem-se ter um resultado satisfatório quando de há uma combinação das idéias para soluções, ou seja, as diversas pessoas envolvidas compartilham suas idéias e assim vão complementando as idéias mais convergentes ao sucesso.

Diante da necessidade de uma boa identificação das soluções, pode-se utilizar algumas técnicas criativas para a criação de idéias, como: **Brainstorming**, **Brainwriting**, **Analogias**, **Box de Idéias**, entre outras. Diante disso há uma combinação com algumas estratégias de redução do desperdício, mais especificamente, algumas ferramentas para que a redução do desperdício seja mais bem visualizada e mais facilmente alcançada, como a utilização e estudo de **Sistema de Puxar e Fluxo de Uma Peça**, **5S**, **Processo à Prova de Falhas**, entre outras.

Nesta etapa Melhorar, o **Brainstorming** deve ser usado para gerar as diversas soluções possíveis para cada causa-raiz finalizada e verificada na etapa Analisar.

O **Brainwriting** é também uma técnica de geração de idéias onde os membros da equipe fazem um **Brainstorming** de idéias em um formulário e então se estipula alguns minutos para que sejam escritas três idéias de soluções na primeira fileira de um formulário, por exemplo. Este formulário é passado adiante e a pessoa quem o recebe, deve adicionar outras três idéias de modo que uma delas seja aprimorando uma idéia que já esteja na folha, outra adicionando uma variação de uma idéia da folha e por fim deve ser adicionada uma idéia completamente nova. As rodadas devem ser repetidas conforme o número de membros na equipe.

Com relação a **Analogias**, essa técnica ajuda a equipe a abordar os problemas sob diferentes perspectivas e não pelas formas comuns de pensar. Relacionando palavras e conceitos aparentemente irrelacionáveis, os membros da equipe têm o desafio de ver o mundo de outra forma. Uma palavra de uma lista, de um livro ou revista, aleatoriamente deve ser escolhida e o grupo deve associar as palavras e registrar as respostas em um *flip chart*, por exemplo. Depois o grupo terá que pensar nas conexões entre as associações de palavras listadas no flip chart e no conceito ou solução no qual estão trabalhando.

Na técnica conhecida como **Box de Idéias**, deve-se identificar os parâmetros-chave da solução, sendo que estes parâmetros listados devem ser necessários para a solução, suficientes para a solução funcionar e sobrepostos minimamente sobre o outro. Lista-se os parâmetros no lado da matriz e se cria formas diferentes de tratar os parâmetros.

Entrando nos méritos de eliminação dos desperdícios, de maneira bem abreviada o **Sistema de Puxar** (*JIT – Just in time*) tem uma diferença dos Sistemas Tradicionais. No Sistema de Puxar, um processo B é responsável por mostrar as peças e acessórios do processo A conforme necessário. Não há inventário intermediário, ou seja, não há estoques. No Sistema Tradicional, quando o processo A completa sua tarefa, ele envia o produto para o processo B, no qual é estocado e colocado no inventário até que seja necessário. O Sistema de Puxar elimina desperdícios de espera (se faltarem peças), desperdícios de produção e desperdícios do inventário.

O **Fluxo de uma peça** se refere à produção de uma peça, uma por vez, pela junção de uma seqüência de operações das máquinas ou dos processos em um fluxo de produção inteligente.

O **5S** ou *House keeping* é uma associação de técnicas desenvolvidas no Japão e utilizadas inicialmente pelas donas-de-casa japonesas para envolver todos os membros da família na administração e organização do lar. No final dos anos 60, quando os industriais japoneses começaram a implantar o Sistema de Qualidade Total nas suas organizações, perceberam que o 5S seria um programa básico para o sucesso deste sistema.

Esse programa pode ser conhecido com outros nomes, porém 5S é o mais utilizado e vem das iniciais das cinco técnicas que o compõe:

- *Seiri* - organização, utilização, liberação da área;
- *Seiton* - ordem, arrumação;
- *Seiso* - limpeza;
- *Seiketsu* - padronização, asseio, saúde;
- *Shitsuke* - disciplina, autodisciplina.

O **5S** pode ser implantado como um plano estratégico que, ao longo do tempo, passa a ser absorvido na rotina, contribuindo para a conquista da qualidade total e tendo como vantagem o fato de despertar mudanças comportamentais em todos os níveis hierárquicos.

Alguns objetivos desse programa são:

- Melhoria do ambiente de trabalho;
- Prevenção de acidentes;
- Incentivo à criatividade;
- Redução de custos;
- Eliminação de desperdício;
- Desenvolvimento do trabalho em equipe;
- Melhoria das relações humanas;
- Melhoria da qualidade de produtos e serviços.

Os **Processos à Prova de Falhas** estão “monitorados” por **Dispositivos à Prova de Falhas**, mais conhecidos como *Poka-Yokes*. As falhas podem ocorrer por diversos fatores: Falhas humanas, falhas no equipamento e por peças ou materiais impróprios. Com relação às humanas, refere-se a processamento de material ou peça incorreta, sem seguir as práticas padronizadas ou procedimentos ou não fazendo a manutenção do equipamento. Para as falhas no equipamento, podem ser Set-ups impróprios, erro no ajuste, uso excessivo, manutenção insuficiente, sobrecarga, produção desnivelada, entre outras. A classe de peças ou materiais impróprios pode ser simplesmente por peças faltando, peças incorretas ou peças com defeito.

3.4.2. Selecionar Soluções

Nesta fase de seleção de soluções, é bastante utilizada uma **Matriz de Seleção da Solução**. Esta matriz mostra a relação da definição do problema, das causas-raiz e das soluções propostas e avalia quais soluções implementar pela avaliação da eficiência da solução e da facilidade de implementação das tarefas selecionadas.

A matriz possui alguns critérios, como segue:

Problema – Definição final do problema;

Causas-Raiz – Causas-raiz verificadas;

Soluções – Soluções propostas que tratam as causas-raiz e que estão sob o escopo de implementação da equipe;

Tarefas específicas – Tarefas necessárias para atingir a solução proposta;

Eficiência – Classificação baseada em quanto a solução proposta reduzirá a causa-raiz (quanto maior a pontuação, mais eficiente é a solução);

Facilidade em implementar – Classificação baseada no tempo, custo, trabalho, aceitação, etc. necessários para implementar a solução (quanto maior a pontuação, mais fácil será a implementação);

Custo – Classificação baseada no custo inicial da solução proposta e em seu impacto na redução da causa-raiz (quanto maior a pontuação, mais barato);

Score Total – O produto da Eficiência x Facilidade para implementar x Custo. Deve servir como classificação das soluções propostas para a ação;

Ação – Indicada por “sim” ou “não” se uma ação será tomada.

3.4.3. Conduzir Análise de Custo/Benefício

As análises de custo/benefício devem ser conduzidas para cada solução selecionada para confirmar que cada solução terá uma recompensa adequada e que foi aprovada por Finanças e identificar os possíveis riscos associados com as implementações. Além dos fatores supracitados, assegurar que a implementação de cada solução tenha um risco aceitável e mostrar ao *Sponsor* os possíveis riscos e recompensas também faz parte desta análise.

Como diretrizes para Custo/Benefício, tem-se que:

Custos Previstos

- Use itens de despesa já existentes, se possível;
- Determine se o custo da solução será “de uma só vez” ou repetitivo;
- Determine se o custo da solução será fixo ou variável;
- Considere também os custos que podem ocorrer fora de sua organização;
- Não se esqueça dos custos associados aos treinamentos e à comunicação.

Benefícios Previstos

- As soluções podem impactar o lucro e os custos simultaneamente;
- Use o lucro e os itens de despesa já existentes, se possível;
- Determine se um benefício da solução será “apenas de uma vez” ou repetitivo;
- Considere também que os benefícios foram incorridos por pessoas fora de sua organização.

Ainda na análise de custo benefício, em particular, o Custo do Problema, engloba: Mão-de-obra, Equipamento/Materiais/Acessórios e outros custos. O custo de mão-de-obra, refere-se a tempo envolvido na correção de erros, retrabalho, reformulação. Inclui taxas de horas extras e uso de mão-de-obra terceirizada ou temporária. O custo com equipamentos/materiais/acessórios se refere a equipamentos (incluindo depreciação), custos de armazenagem, uso de carro, excesso de estoque no inventário, formulários, papéis extras para corrigir o problema. Outros custos também devem ser inclusos, tais como custo/tempo de viagem para consertar o problema, ajustes/atividades para satisfazer o cliente e perda de rendimento.

Na análise do Custo da Solução, deve ser considerado o mesmo elemento do cálculo do custo do problema no cálculo do custo para implementar as soluções: salário, tempo de treinamento, mão-de-obra externa, equipamentos alugados, materiais, acessórios, expedição, telefone, custo de viagem, entre outros.

Deve ser feita a estimativa do primeiro ano de economia de custo quando o custo anual do problema e a solução são conhecidos, e quanto do problema ou do benefício será eliminado com base na meta para a melhoria.

3.4.4. Desenvolver Planejamento e Treinamento

Algumas ferramentas são utilizadas para que seja realizado o planejamento do projeto, entre elas estão: **Fluxogramas, Gráficos de Gantt e Planos de Ação.**

O **Fluxograma** é um tipo de diagrama, e pode ser visto como um esquema de um processo, e que na maioria das vezes é feito através de gráficos que ilustram de forma simples e direta a transição de informações entre os elementos que o fazem parte desta composição. Na prática, este tipo de diagrama para ser visto como a documentação dos passos necessários e suficientes para a execução de um processo qualquer.

O **Gráfico de Gantt** é um usado para ilustrar o desenvolvimento das diferentes etapas de um projeto e é utilizado basicamente como uma ferramenta do controle de produção das organizações. As tarefas de cada membro das equipes podem ser visualizadas neste gráfico,

assim como o tempo utilizado para cumpri-las. Assim, pode-se analisar o empenho de cada membro no grupo.

O **Plano de Ação** tem a função basicamente de catalogar todas as atividades que devem ser executadas para garantir o sucesso da implementação da solução proposta. O Plano inclui as tarefas que foram identificadas na Matriz de Seleção da Solução e explica idéias para o gerenciamento e ajuda a obter aprovações.

3.4.5. Avaliar Resultados

Baseado em todas as etapas anteriores, a avaliação dos resultados é a etapa que poderá decidir o sucesso ou o fracasso de todo esforço anteriormente. Uma avaliação direcionada permitirá um custo mínimo necessário.

A avaliação dos resultados é feita como comparação do antes com o depois. Os cálculos do sigma do processo devem ser revisados para que seja mostrada a nova capacidade do processo para o processo final.

Se for feito o que foi planejado e conseguido os resultados esperados, a etapa Controlar já poderá ser iniciada. Caso foi feito o que se planejou mas não se conseguiu os resultados esperados, deve-se retornar para a fase Medir ou para a “situação atual” possível. Estudar o Gap e obter mais dados pode ser uma das saídas para que se obtenha o sucesso na nova finalização desta etapa.

Caso tenha conseguido os resultados que queria apesar de não ter feito o que planejou, deve-se determinar as causas dos resultados para verificar o que se acertou sem intenção e assim entender como alcançou bons resultados e, então, voltar para a etapa Medir. Caso não tenha sido realizado o planejamento e não conseguidos bons resultados, é indicado voltar para Selecionar as Soluções.

Para um melhor entendimento, segue um esquema prático do **Storyboard** da etapa **Melhorar o Projeto** na figura 9:

MELHORAR: Componentes do Storyboard

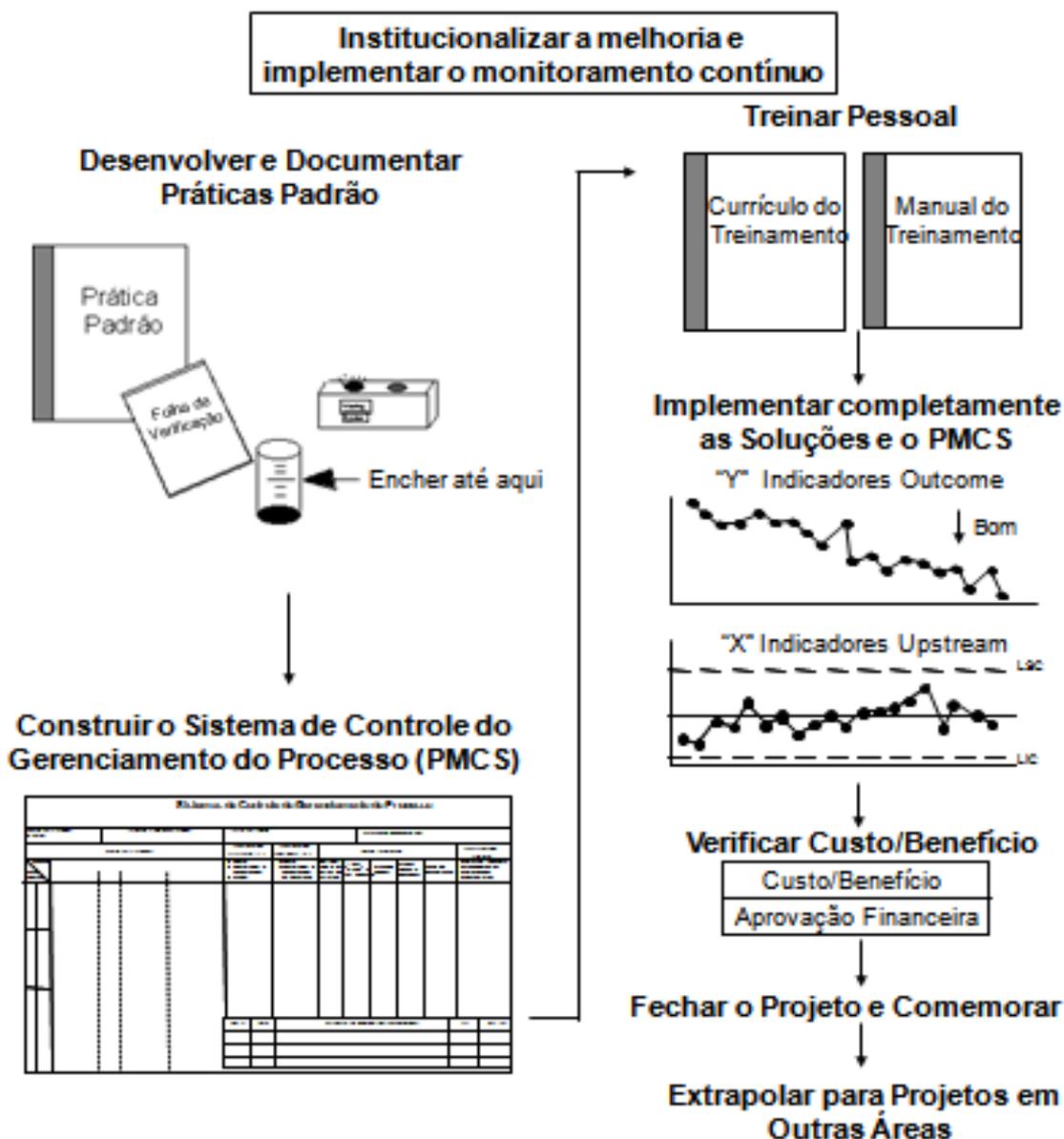


Figura 9: Esquema dos componentes do Storyboard da etapa Melhorar o Projeto

3.5. CONTROLAR O PROJETO

Esta etapa tem a importância e o objetivo de controlar o processo para manter os ganhos e a transição para a implementação completa. Os resultados-chave desta etapa é manter uma documentação para o novo método e realizar e manter treinamento para o novo método e um Sistema de Controle de Gerenciamento do Processo operacional.

Para um melhor entendimento faz-se necessária divisão das principais etapas, como segue:

3.5.1. Desenvolver e Documentar as Práticas Padrão

São de suma importância o desenvolvimento e documentação das práticas padrão, pois nada acontece em uma base confiável e sustentável, a menos que um sistema seja construído para ser dessa forma. A padronização é o que permite que a qualidade aconteça em uma base confiável e sustentável.

Para que seja realizada a **padronização**, deve-se ter certeza de que os elementos importantes do processo são desempenhados de forma consistente e da melhor maneira possível. As mudanças devem ser feitas apenas quando os dados mostram que uma nova alternativa é melhor, ou seja, não se deve padronizar alguma atividade apenas pela experiência ou pelo visual. Além disso, o trabalho padronizado estabelece as relações do cliente/fornecedor entre as pessoas e os processos de trabalho e mantém todos os processos sob controle e, assim, os produtos e serviços de qualidade são criados e entregues a custos mais baixos.

A padronização ajuda a competir no mercado com maior sucesso oferecendo os seguintes benefícios:

- Maior confiabilidade
- Custos reduzidos
- Melhoria do desempenho dos funcionários

- Maior segurança
- Processos que se mantêm sob controle
- Melhoria contínua
- Práticas flexíveis que permitem respostas rápidas às necessidades do cliente
- Entre outros

De certa forma, pode-se considerar que a **padronização** pode ser chamada também de **prática padrão**. Uma prática padrão é uma definição de um método de trabalho no qual todas as variáveis são especificadas em detalhe, ou pode ser visto como um acordo escrito entre o funcionário e a empresa com relação à maneira com a qual o trabalho será feito, ou então um documento controlado que pode ter diferentes nomes dependendo de sua área de atuação (procedimento, instrução de trabalho, prática operacional padrão, entre outros).

A proposta de uma prática padrão é unir habilidades tecnológicas e de processo em um formulário e tornar o trabalho de todos mais fácil. O conteúdo deve ser escrito para que até os funcionários que não foram inteiramente treinados possam usá-lo facilmente, deve ser específico para a tarefa e escrito com a quantidade apropriada de detalhes, descreve como prevenir a variação, proporcionar instruções claras e considerar prioridades.

Quando se deseja reduzir a variação entre indivíduos ou grupos (e, assim, fazer com que as saídas do processo sejam mais previsíveis), fornecer os “porquês” aos atuais operadores e gerentes da tarefa, fornecer uma base para o treinamento de novas pessoas, fornecer uma “pista” para a resolução dos problemas, proporcionar um meio de obter e reter conhecimento, dar instruções em caso de condições anormais, entre outros exemplos, é indicado o uso e estudo para implementação das práticas padrão.

Para a documentação da prática padrão, devem-se atualizar os mapas de processo detalhados com as ações de melhoria, determinar quais fases do processo, se houver, precisam de uma instrução adicional de trabalho por escrito para garantir a padronização, definir o trabalho escrito a um nível que faça sentido para a situação e usar um formato de negócios aprovado para documentar as práticas padrão.

3.5.2. Construir o Sistema de Controle do Gerenciamento do Processo

O Sistema de Controle do Gerenciamento do Processo é utilizado como metodologia estruturada para a etapa Controlar. Essa metodologia incorpora o fluxo futuro do processo e os indicadores de processo e de resultado que deverão ser monitorados no futuro para garantir a **sustentabilidade** do projeto.

Uma ferramenta muito utilizada é o PMCS (*Preventive Maintenance Checks and Services*). Esta ferramenta fornece o foco para as equipes de trabalho, auxilia no treinamento e aplica o que é aprendido em um processo a processos semelhantes. Além disso, proporciona um sistema de processos e indicadores que ajuda a gerenciar de forma objetiva, aumenta a comunicação no ambiente de trabalho; os funcionários compreendem melhor o que fazem e o porquê, mantém os ganhos obtidos por meio dos esforços de melhoria, estabelece um fundamento para gerenciar processos e focar nas melhorias futuras, entre outros benefícios.

O PMCS pode ser visualizado dentro das etapas do DMAIC. Segue esquema que permite uma melhor visualização na figura 10 e figura 11:

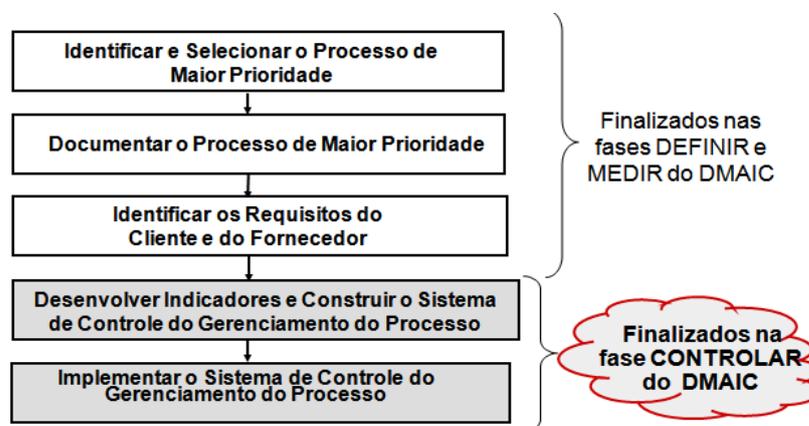


Figura 10: Ligação entre o PMCS e as etapas do DMAIC

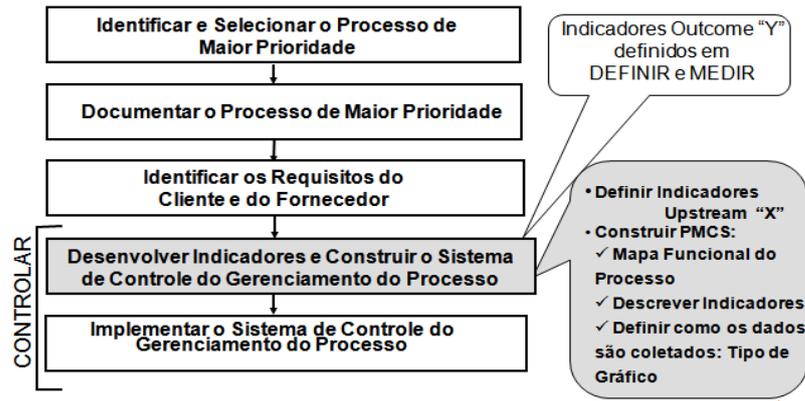


Figura 11: Ligação entre o PMCS e as etapas do DMAIC

Segue uma ilustração do PCMS na figura 12:

Sistema de Controle do Gerenciamento do Processo																
Nome do Processo:	Mapa do Processo	CTOs do Cliente:		Indicadores Outcome (Ys):				Indicadores Outcome (Ys):								
		Cliente Primário do Processo:	Indicadores Outcome (Ys)	Indicadores Upstream (Xs)	Dados Coletados	Informações Gerais	Rev nº	Data	Mudanças - Descrever Revisões	Por	Apr. Por					
Posição	Etapa	Tempo	Nome	Nome	Item "Pisico" a ser Checado	Quando Checar	Quem Checa	Acão de Recuperação	Fórmula do Indicador	Procedimentos	Abreviações	Comentários				
			-Nome	-Nome												
			-Numerador e Denominador	-Numerador e Denominador ou Descrição												
			-Especificação													

Figura 12: PMCS

3.5.3. Treinar Pessoal, Implementar Completamente as Soluções e o PMCS

Nesta etapa de Treinamento de Pessoas para a Implementação Completa é aplicado para a realização dos novos métodos “descobertos” na etapa Melhorar. A padronização por meio de documentação e treinamento nos permite manter os ganhos.

Depois de finalizada documentação (prática padrão ou equivalente), precisa-se ter certeza de que todos que usam um processo em comum estão treinados nos novos métodos. Lembrando que mesmo os funcionários experientes precisam ser treinados nos novos métodos.

Não se deve tentar desenvolver uma sessão única de treinamento para ensinar as pessoas tudo o que elas deveriam saber sobre a tarefa. É interessante focar nos aspectos mais críticos da tarefa e quando mudar um processo, explicar as razões que estão por trás da mudança, pois normalmente as pessoas tendem a resistir ao mudar por mudar. Unir o treinamento ao suporte do desempenho e não esperar que todos aprendam tudo de uma só vez, são aspectos que não podem ser descartados. Diante disso, deve-se realizar uma atividade prática, pois o maior aprendizado ocorrerá na realização da tarefa.

Semelhante à fase Melhorar, todas as soluções são implementadas e reavaliadas em relação à meta estabelecida em Medir para verificar se as causas-raiz foram realmente reduzidas.

A implementação do PMCS “mantém dos ganhos” garantindo que o processo modificado seja estável ao longo do tempo e capaz de atingir as especificações do cliente. O método de controle é padronizado no formulário do PMCS e é considerado na extrapolação para outros processos similares. Deve-se desdobrar os planos de ação desenvolvidos em Melhorar, verificar se o processo é “estável” e “capaz” e padronizar e extrapolar o PMCS, implementar soluções adicionais, se os resultados não forem satisfatórios, e verificar novamente o custo x benefício com o setor financeiro.

Como parte da implementação do PMCS, os indicadores Uptream “X” selecionados são monitorados com o uso dos gráficos de controle para determinar se o processo fica estável com o tempo e se é capaz de atingir os requisitos. Após a implementação inicial do PMCS, o

sistema de controle do gerenciamento (Controle do Processo) é mantido pelo dono do processo. Como em um ciclo de melhoria contínua, o dono do processo trata da melhoria dos indicadores Outcome aprimorando a estabilidade do processo e a capacidade do processo dos indicadores Upstream.

Na padronização e extrapolação do Sistema de Gerenciamento, deve-se revisar e simplificar o PMCS em seus elementos essenciais. Esta ferramenta deve ser simples de se utilizar. Deve-se realizar o treinamento do pessoal executando a tarefa para que eles entendam e possam usar o Sistema de Controle do Gerenciamento do Processo. A comunicação também é essencial para o sucesso, ou seja, certificar de que o Sistema de Controle do Gerenciamento do Processo seja divulgado em um local onde todos os funcionários possam vê-lo.

3.5.4. Fechar Projeto, Comemorar e Extrapolar

O fechamento do projeto, assim como as etapas e classes anteriores, têm uma grande importância. Há um reconhecimento do tempo e esforço consideráveis, retira-se os aprendizados obtidos na iniciativa sobre o problema ou processo estudado e sobre o próprio processo de melhoria, e por fim deve-se transferir a responsabilidade de implementação em curso e do gerenciamento do PMCS para pessoas apropriadas, como o Dono do Processo.

O projeto deve acabar quando a proposta do projeto for alcançada e quando houver melhoria, estiver claro que qualquer outro progresso precisará de um novo esforço, a equipe não tiver atingido a meta, o projeto significativamente atrasado, mas a equipe tiver alcançado sucesso suficiente.

O reconhecimento é um aspecto importante da comemoração e deve reforçar internamente a satisfação e a motivação. A extrapolação se refere à implementação de melhorias em outras áreas com o mesmo processo e implementação de melhorias em outras áreas com processos semelhantes.

Para um melhor entendimento, segue um esquema resumido da etapa **Controlar o Projeto** na figura 13:

Revisão de CONTROLAR

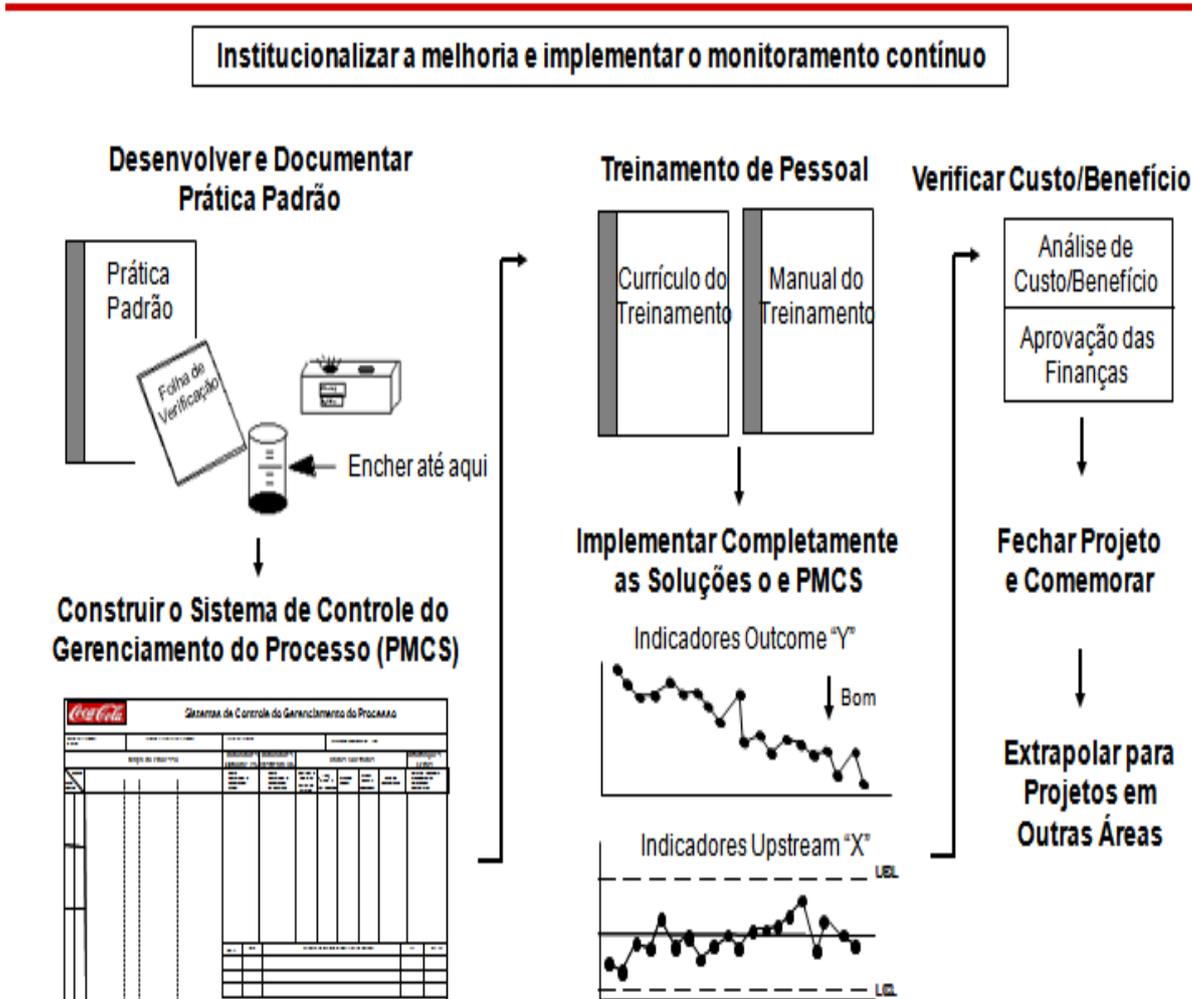


Figura 13: Resumo de a etapa Controlar

4. O SEIS SIGMA EM UMA INDÚSTRIA DE REFRIGERANTES

4.1. O NASCIMENTO DA COCA-COLA

A primeira produção de um concentrado para a fabricação daquele que viria ser o refrigerante mais famoso do mundo, ocorreu em maio de 1886 em Atlanta, nos Estados Unidos, pelo farmacêutico Jonh Styth Pemberton.

O Doutor Pemberton entregou a matéria prima em uma farmácia chamada de Jacob's Pharmacy, que misturada à água carbonatada, foi inicialmente comercializada a cinco centavos de dólar o copo. No dia 08 de maio de 1886, nesta farmácia foi vendida a primeira Coca-Cola.

A tão conhecida Coca-Cola foi nomeada por um sócio e contador da firma do Dr. Pemberton, chamado Frank M. Robinson, na caligrafia de letras ondulantes que é famosa até hoje. Foi registrada apenas em 1893.

Em 1886, as vendas de Coca-Cola não passavam de 13 copos diários e a produção anual do concentrado foi de 25 galões. Nesse primeiro ano, o faturamento foi de apenas U\$50 em vendas. Este concentrado era embalado em barris pintados de vermelho, o que fez conhecida a cor deste refrigerante mais conhecido do mundo.

Após cem anos, a produção de concentrado aumentou de maneira absurda. Superaram a marca de 1,5 bilhões de galões anuais.

Na procura de um meio para transportar o refrigerante Coca-Cola para um piquenique, um comerciante chamado Joseph A. Biedenharn, de Vicksburg, Mississippi, foi a primeira pessoa a engarrafar Coca-Cola, usando concentrado vindo de Atlanta.

4.2. A EMPRESA COCA-COLA

De 1886 à atualidade, muitas invenções foram criadas, mitos desvendados, barreiras ultrapassadas, conquistas eternizadas e diversas celebridades fizeram parte desta história de glamour da marca Coca-Cola. Do início do segundo milênio aos dias atuais, com

aproximadamente 400 marcas de bebidas não-alcoólicas presentes e que ultrapassam a margem de 200 países, a Coca-Cola tem consumidores nos mais remotos cantos do planeta. Dentre as 400 marcas supracitadas, quatro das cinco marcas mais consumidas no mundo: Coca-Cola, Coca-Cola Light, Fanta Laranja e Sprite.

Desde 1942 no País, a Divisão Brasil é a terceira maior operação da Coca-Cola Company. O Sistema Coca-Cola Brasil é composto pela Coca-Cola Brasil, 16 fabricantes autorizados, Minute Maid Mais, Del Valle e Leão Júnior, que elaboram o produto final em suas 43 unidades industriais e estes são distribuídos aos pontos de venda. É gerados cerca de 34 mil empregos diretos e mais de 310 mil indiretos.

Todos os fabricantes autorizados têm um contrato através do qual se comprometem a engarrafar, produzir e distribuir todos os produtos da Coca-Cola Brasil, seguindo todos os rigorosos padrões de qualidade mundial.

Estrategicamente, as fábricas do Sistema Coca-Cola Brasil encontram-se em todas as regiões do País, e isso garante uma perfeita logística de abastecimento de aproximadamente um milhão de pontos de venda. Vale salientar que a portfólio abrange uma ampla linha de bebidas não-alcoólicas, que inclui isotônicos, águas, sucos, chás, refrigerantes, achocolatado e energéticos.

A fórmula do refrigerante Coca-Cola é confidencial e nenhuma de seus engarrafadores autorizados pela The Coca-Cola Company a possui, a composição é feita por 07 elementos, e estes formam os componentes A & B. Os IBC que contêm o concentrado são distribuídos de Atlanta, Estados Unidos da América, para todo o mundo. Durante toda a fabricação da bebida, o processo é feito através de programas de computador e em todas as etapas existem controles rigorosos de qualidade que conferem a todos os produtos fabricados com a garantia da The Coca-Cola Company.

4.3. O NASCIMENTO DO PET

O Uso de siglas é muito comum em polímeros. A sigla PET é usada para designar o polímero Politereftalato de Etileno. O PET é um polímero de condensação obtido pela reação de ácido tereftálico (TPA) ou Tereftalato de Metila (DMT) com Etileno Glicol (EG), sendo gerado como subproduto da água ou metanol, respectivamente. A reação de um grupo ácido do TPA com um grupo hidroxila do etileno glicol produz um grupo éster, sendo o polímero gerado da policondensação um poliéster.

O PET foi desenvolvido durante a década de 40 e introduzido no mercado internacional nos anos 60 como fibra para a indústria têxtil. No Brasil, esse poliéster foi comercializado a partir da década de 70 sob o nome comercial Tergal (Rhodia). O país bem cedo se conscientizou do potencial do mercado de poliéster e construiu plantas industriais, alcançando uma produção de PET grau fibra e filme em torno de 135.000 ton/ano em meados de 80.

Em 1976, o desenvolvimento do processo de pós-condensação no estado sólido levou a introdução da resina grau garrafa no mercado americano. A resina grau garrafa deferente da resina grau fibra pela mais alta viscosidade intrínseco (IV) obtida devido o aumento do peso molecular do poliéster. Essas características são muito importantes para a aplicação do PET como garrafa, já que uma maior resistência de fundido é exigido para a produção de garrafa pelo processo injeção-sopro. Isso só é conseguido se a Resina tem IV acima de certo valor (0,70dl/g). O grau garrafa foi rapidamente absorvido pelas indústrias de refrigerantes, que criou um novo estilo de consumo – as garrafas “one-way”.

O aumento do consumo desse material como embalagens, particularmente para bebidas carbonatadas, esta claramente associada com as propriedades interessantes do PET. Ao lado da alta qualidade como barreira ao gás carbônico e a alta transparência, o PET é um plástico de engenharia com alta resistência química e mecânica, particularmente quando o material possui orientação (SBO – Sopradoras Bi-Orientadas). Essas características são muito importantes e contribuem para a escolha desse polímero, ao invés de vidro para a fabricação de embalagens seguras para quebra em caso de queda. Também deve ser considerada a leveza dessas embalagens em relação ao vidro, que é fundamental quando se leva em conta economia de energia no transporte.

No Brasil, as garrafas foram introduzidas em 1988, praticamente 12 anos após a sua introdução no mercado americano. Como a Resina adequada não era disponível, a matéria prima foi primeiramente importada, antes que a produção nacional fosse iniciada.

Apesar do uso de garrafa PET ter iniciado relativamente tarde no País, o consumo deste tipo de embalagem ocorreu rapidamente puxado pela diminuição do preço da resina no mercado internacional. Ocorreu também a substituição das garrafas retornáveis de PET, muito usadas no início da década de 90, pelas garrafas descartáveis.

O PET é, assim, um poliéster produzido a partir de 100% de petróleo. De cerca de 1,9Kg de petróleo se obtém cerca de 1,0KG de PET, gastando-se aproximadamente 84MJ (23KWh).

4.4. CONHECENDO O PROCESSO DE PRODUÇÃO

Como o estudo refere-se a “Aumento de Produtividade em Indústrias de Refrigerante Pet” aplicado em um dos fabricantes autorizados do Sistema Coca-Cola Brasil, faz-se necessário uma breve descrição dos processos que estarão ligados direta ou indiretamente ao projeto.

O processo de injeção-sopro é o mais importante e mais utilizado mundialmente. Neste processo, a produção de preformas e do sopro da garrafa são independentes, com a finalidade de aperfeiçoar a velocidade em ambos os processos. Injetoras e sopradoras de alta velocidade garantem o fornecimento ininterrupto de preformas e garrafas previamente até a linha de envase. A fabricação de garrafas PET consiste num processo de moldagem de dois estágios: injeção e sopro.

O processo de moldagem a sopro (alongamento, orientação) de garrafas PET é bem simples, mas os aspectos mecânicos reais de sua operação podem se tornar complexos. Primeiramente estira-se a preforma, que é um poliéster de alto peso molecular (alta viscosidade), com uma haste de estiramento e aplica-se uma baixa pressão (pré-sopro) para prevenir que a preforma se encoste à haste. Logo após a haste de estiramento alcançar a posição final, aplica-se uma pressão em torno de 40 bar (sopro), formando-se a garrafa com o mesmo formato existente na cavidade do molde.

Após a fase do sopro, as garrafas se encaminham através de uma esteira e se direcionam à Rotuladora, equipamento responsável e fixar o rótulo com variações pré-determinados pela organização de acordo com os requisitos do IMETRO e do grupo Coca-Cola.

As garrafas já formadas e rotuladas seguem através de um Transporte Aéreo direcionadas para uma sala onde acontecerá o envase. Inicialmente ao equipamento denominado Rinser, tem a função de lavar as garrafas com água tratada para evitar que não haja o risco de nenhuma partícula sólida ou impureza permaneça no insumo.

Após ser “*Rinsado*”, a garrafa segue através de estrelas metálicas sincronizadas para o próximo equipamento onde haverá o processo de envase, a Enchedora.

A fabricação da bebida ocorre da seguinte maneira:

Na primeira etapa do processo de fabricação, o açúcar é recebido em grandes quantidades (através de bag's), após o recebimento ele é colocado em uma moega e neste processo ele será triturado (o objetivo nesta etapa é torná-lo ainda mais fino). Depois ele é transferido para o tanque dissolvidor, onde será dissolvido através de aquecimento.

A segunda etapa ocorre filtro de areia, onde o açúcar já dissolvido (chamamos este de xarope simples) passa pelo processo de filtragem onde a finalidade é retirar impurezas do mesmo.

Após o filtro de areia o xarope simples vai para a coluna iônica, cujo objetivo é clarificar o líquido, ou seja, deixá-lo sem nenhuma cor.

Seguindo com o processo, no filtro de carvão teremos novamente um processo de filtragem e nesta etapa é garantido que o xarope simples estar isento de quaisquer impurezas (partículas sólidas).

O xarope simples passa por um resfriador que sua função é deixá-lo em temperatura ambiente e em seguida acondicioná-lo no tanque de xarope simples.

Nesta etapa começa a fabricação do refrigerante, no Blender, que é um reservatório para a bebida, o xarope simples será misturado com o concentrado continuamente formando assim o quase xarope.

Após a preparação do quase xarope, as próximas etapas servirão para transformá-lo em refrigerante Coca-Cola, estas são: resfriador irá resfriar a bebida para temperaturas que variam de 02 à 05°C e o carbonatador irá acrescentar o CO₂, este gás tem a finalidade de dar o sabor e refrescância a bebida.

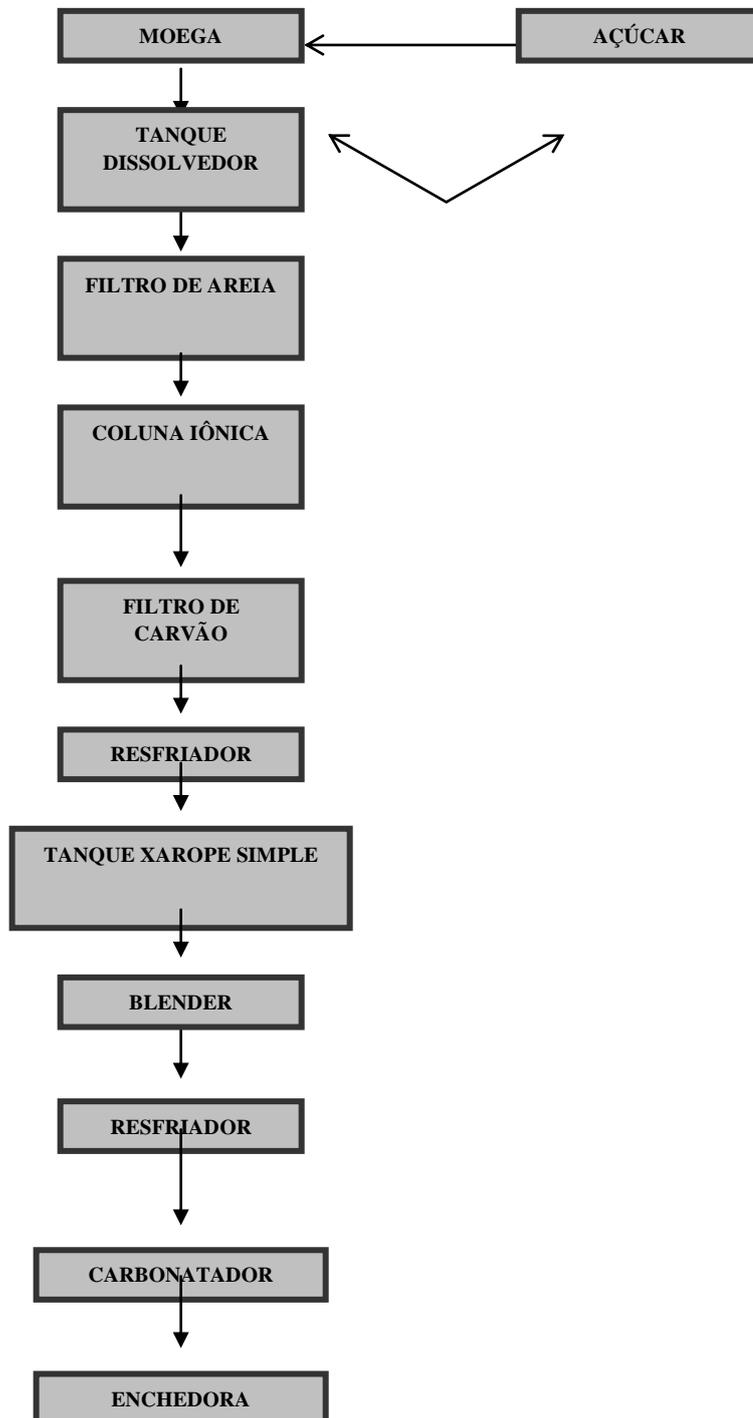
Com o refrigerante pronto a etapa de envase se dá na Enchedora Todo o processo de envase é feito com a bebida em uma temperatura que oscila de 02 à 05°C, para garantir uma maior velocidade no enchimento.

Após o enchimento, as garrafas saem da sala de envase através de um transporte e chegam à Empacotadora. As garrafas são envolvidas por um filme shrink e após passagem pelo forno, são formadas as caixas.

As caixas seguem em caminho da Paletizadora, onde ocorre a organização das caixas em camadas empilhadas formando um pallet.

Agora em pallet's, o equipamento denominado Envolvedora os envolve com um filme stretch para que haja estabilidade ao mesmo.

Os pallet's são levados por empilhadeiras para o estoque para posterior distribuição e venda.

4.5. RESUMO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UM REFRIGERANTE**Figura 14: Resumo do processo de fabricação de refrigerante**

4.6. O PROJETO

O projeto desenvolvido neste trabalho de conclusão de curso, foi baseado na **Otimização do uso de água** em uma Indústria de refrigerantes pet no Brasil.

Este projeto foi desenvolvido por uma equipe formada por uma Líder do projeto, quatro participantes de áreas de qualidade, manutenção e produto, um Sponsor, três Black Belts, dois Master Black Belts e um Champion.

A seguir, serão apresentadas as etapas do DMAIC descritas em todo trabalho aplicada de forma prática e objetiva.

4.7. DEFINIR O PROJETO

4.7.1. Identificar Oportunidade ou Gap

A alta Direção identificou uma oportunidade de otimizar o uso da água (consumo específico) na fábrica de Suape, tornando a Coca-Cola Guararapes como líder de Indústria de bebidas no uso da água.

4.7.2. Identificar os CTQs do cliente

Foi verificado que o principal cliente é a fábrica de Suape, e a Voz do Cliente que neste caso refere-se ao Gerente da Qualidade, que dizia: “Reduzir as despesas com água, minimizar o desperdício de água, otimizar a utilização dos recursos naturais e melhorar a segurança alimentar, são os nossos principais objetivos”.

Baseado no GAP e na Voz do Cliente, foi verificado que o Crítico para a Qualidade (CTQ) é a Sustentabilidade, pois o principal objetivo é ser uma Indústria de Bebidas líder em práticas sustentáveis e na gestão da água, garantindo a saúde em longo prazo do sistema.

4.7.3. Delimitar o escopo do projeto

Nesta etapa identificado o Processo de Operação Core, como segue no Diagrama de Serpentes na figura 15:

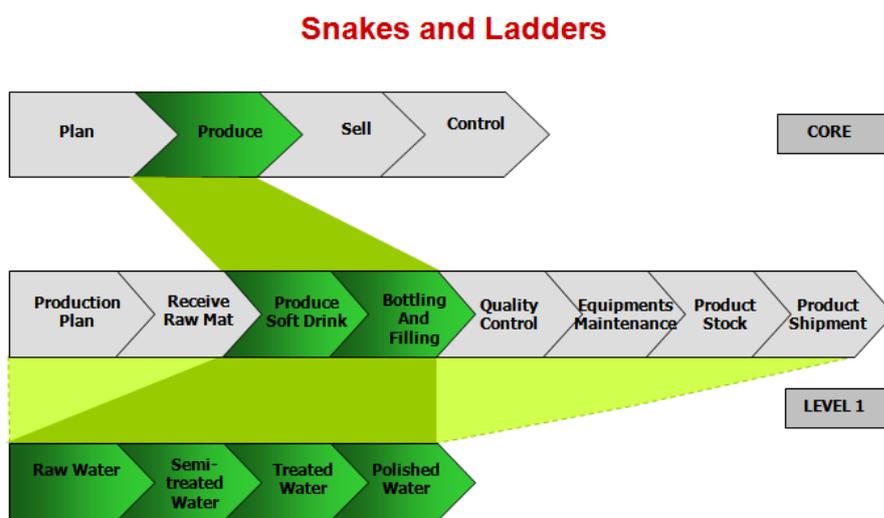


Figura 15: Snakes and Ladders do Processo Core

É importante entender alguns conceitos, como:

- Água Semi-Tratada - água clorada após a floculação;
- Floculação - processo onde partículas desestabilizadas, reagem conjuntamente formando aglomerados;
- Cloração - processo de adição de hipoclorito de cálcio como agente bactericida;
- Água Tratada - água utilizada no produto após passagem pelos filtros polidores;
- Água Declorada – água isenta de cloro que usa linha de água tratada para os serviços públicos e sanitários;

- Consumo específico de água - relação de água da quantidade de água comprada e quantidade de bebida produzida (L / L).
- CIP – *clean in place* - limpeza e esterilização das partes internas do sistema de processo que entram em contato com o produto, sem que seja desmontado ou aberto;
- Blender – máquina proporcionadora de bebida

Toda água utilizada no processo industrial devidamente tratada através de um sistema de múltiplas barreiras, que inclui:

- Filtração otimizada;
- Desinfecção;
- Purificação com carvão ativado;
- Polimento final.

Segue o Fluxograma do Sistema de Tratamento de Água e o Diagrama do Sistema de Tratamento de água através de um processo de Múltiplas Barreiras, para que haja um entendimento do fluxo do processo de limpeza da água na figura 16 e figura 17, respectivamente:

Fluograma do Tratamento de Água

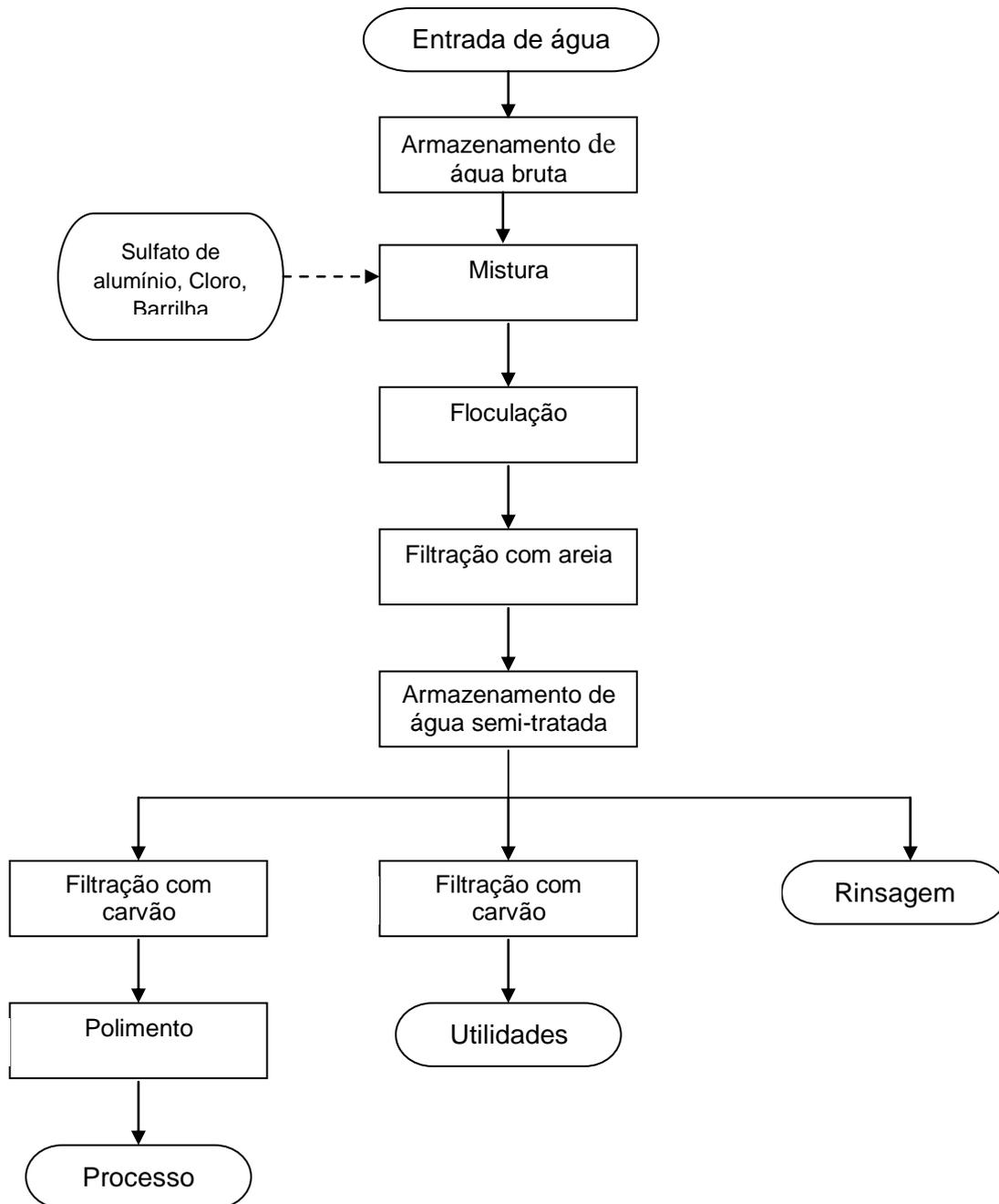


Figura 16: Fluxograma do Tratamento de Água

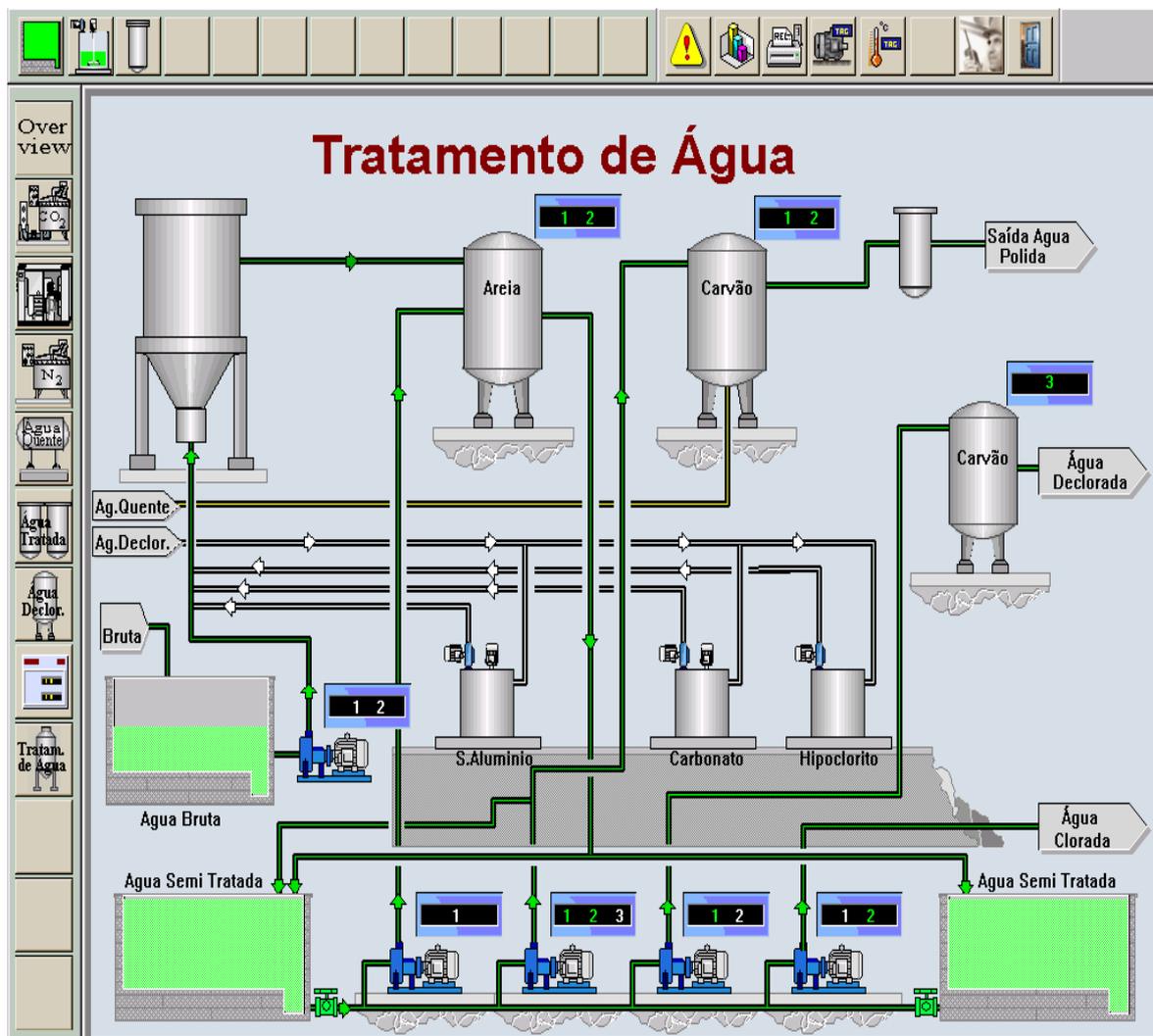


Figura 17: Processo de Múltiplas Barreiras

O processo de Múltiplas Barreiras é um processo de água que envolve as etapas de coagulação, floculação sedimentação, cloração e filtração.

O processo de Coagulação/Floculação é o fenômeno no qual ocorre o rompimento da estabilidade das partículas suspensas na água através da dosagem de produtos químicos. A Floculação é o condicionamento físico-químico (aglutinação) que permite o crescimento dos núcleos participantes para se obter rápida decantação.

Cloração é o processo onde há adição de agente de cloração água bruta no floculador, com a finalidade de eliminar impurezas na água, tais como bactérias, algas, matérias orgânicas e oxidar alguns minerais como Ferro e Manganês.

Após o tratamento químico no floculador, a água passa por filtro de areia que funciona como retentor de sólidos suspensos que podem ter sido arrastados pela água provinda do sistema de floculação. Além da remoção de cor e turbidez, ocorre a retenção de microorganismos presentes na água.

O filtro polidor tem como função eliminar partículas finamente divididas presentes na água tratada oriundas do filtro de carvão. Após esta etapa, a água tratada está apta a ser usada no processo de produção.

A água semi-tratada armazenada, filtrada em leito de carvão para completa remoção do cloro antes do envasamento e para remover pequenas partículas que ainda possam estar presentes na água.

No geral, o objetivo final é assegurar o tratamento de água por múltiplas barreiras para que a fábrica possa produzir água tratada dentro das especificações da Divisão.

4.7.4. Indicador de Melhoria

Dentre os indicadores de melhoria os Indicadores de Alto Nível (TLI - *Top Level Indicators*), Indicadores *Outcome* (Ys) foram definidos pela equipe do projeto como:

TLI - Despesas operacionais;

Y - Consumo específico da água (l/l).

Estes dois indicadores são focados com redução, ou seja, quanto menos o valor destes indicadores, melhor.

Baseado nas informações e históricos dos sistemas desta Indústria, foram levantados os seguintes aspectos como mostrado na figura 18:

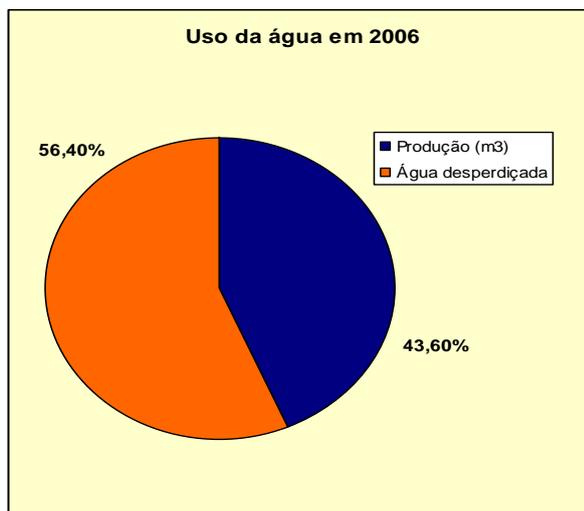


Figura 18: Gráfico de consumo e desperdício de água em 2006

No ano de 2006, tínhamos um consumo específico 2,2 litros de água para cada litro de bebida produzido. O custo de água em 2006 representou 1,28% dos custos totais operacionais na unidade de Suape. Segue análise de 2007 na figura 19:

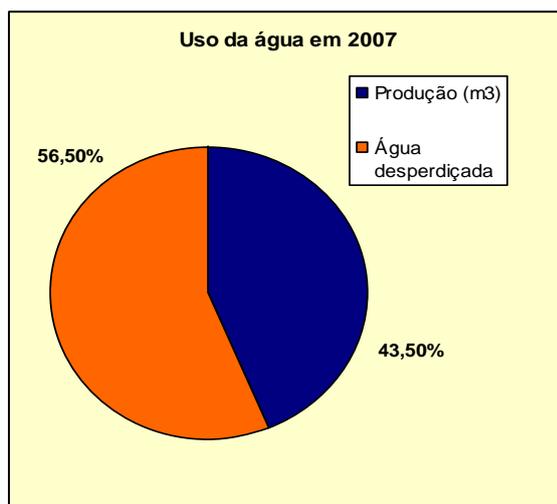


Figura 19: Gráfico de consumo e desperdício de água em 2007

De jan/07 a jun/07 o consumo específico da água fechou em 2,34 litros de água para cada litro de bebida produzido (L / L).

O consumo específico de 2,34 litros de água para cada litro de bebida produzido em litros/litros foi estudado e chegou-se as seguintes divisões como mostrado na figura 20:

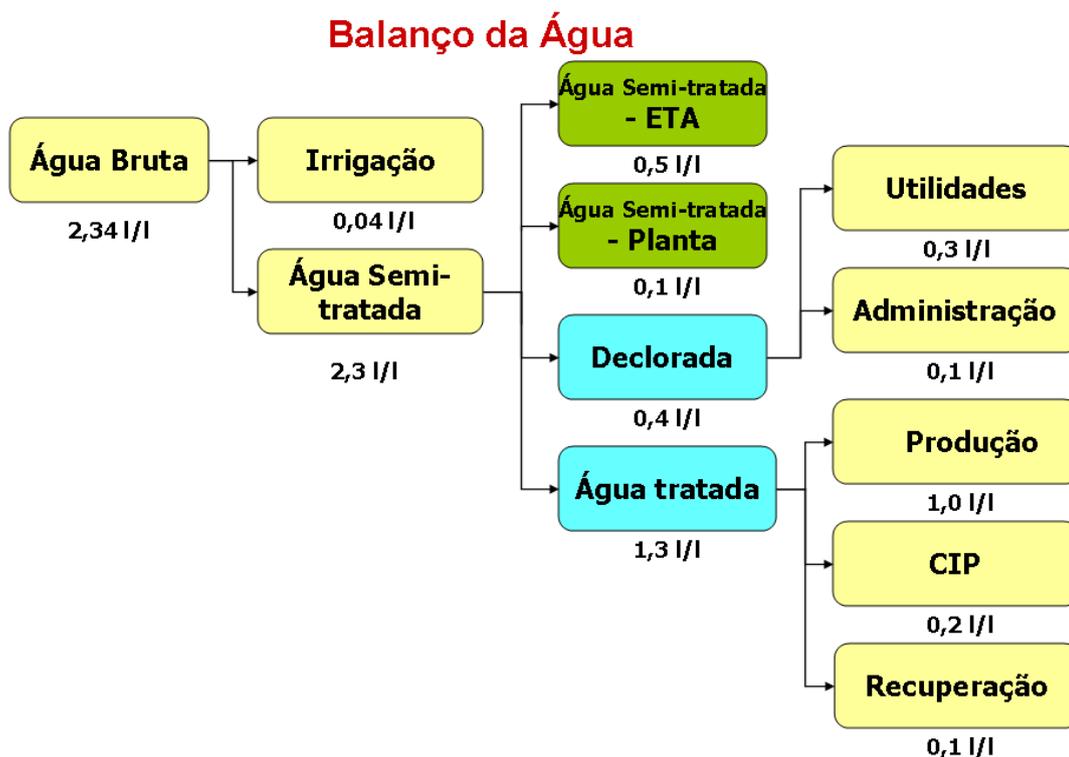


Figura 20: Balanço de Água

Através da figura 20, pôde-se observar que água Semi-tratada (ETA + Planta) representa 0,6 l/l de taxa total de água.

Além dos dados supracitados, foi feito um estudo da Composição dos Custos da água, como segue na figura 21:

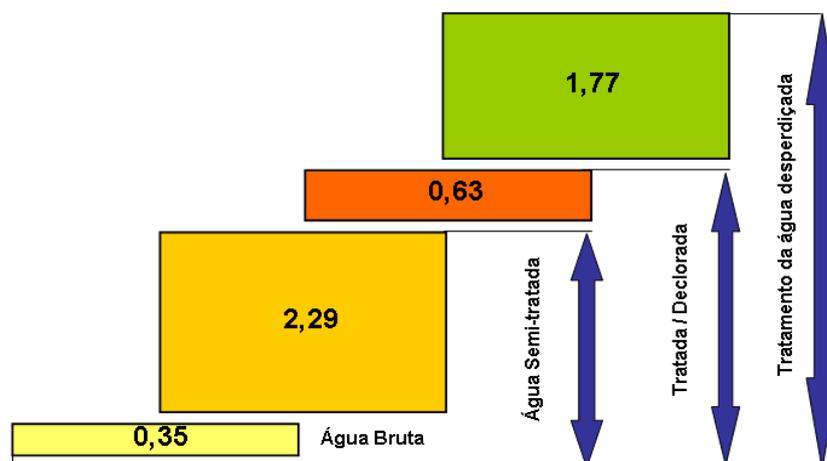


Figura 21: Composição dos custos de água

Foi percebido que o tratamento de água e o processo de decoloração da água incrementam os custos de água em R \$ 0,63 e o tratamento de águas desperdiçadas adiciona R\$ 1,77 nos custos de tratamento total. Da mesma forma, outras oportunidades para reduzir a taxa de água que poderia ser alcançado através da análise de água tratada processo.

4.7.5. Definição Preliminar do Problema

Além dos Benefícios indiretos de liderar em práticas sustentáveis, recursos naturais utilizados de forma mais eficiente e melhorar a segurança alimentar, de acordo com o volume de produção e consumo desta Indústria, verificou-se uma oportunidade anual equivalente a US\$294,170.00. Porém os benefícios estimados no ano foi de aproximadamente US\$140,480.00.

Baseado nos estudos realizados e em alguns dados supracitados, a definição Preliminar do Problema ficou da seguinte maneira:

Verificou-se que de jan/07 a jun/07 o consumo específico foi de 2,34 litros de água para cada litro de bebida produzido (L / L). Além disso, a água Semi-tratada (ETA + Planta) representa 0,6 l / l de taxa total de água e ainda h outras oportunidades para reduzir a taxa de

água que poderia ser alcançado através da análise de água tratada processo. o tratamento de água e o processo de decloração da água incrementam os custos de água em R \$ 0,63 e o tratamento de águas desperdiçadas adiciona R\$ 1,77 nos custos de tratamento total. Reduzir a taxa de água devido reutilização da água e redução dos desperdícios em todo processo de produção que poderia alcançar economias anuais em torno de US\$ 140,5 K.

4.7.6. Planejamento do Projeto

O projeto foi planejado para início em Julho/07 e finalização em Dezembro/07 com participações diferenciadas (percentualmente) de acordo com as escalas dos Belts. Os nomes dos participantes serão poupados neste projeto.

O Planejamento do Projeto foi definido da seguinte maneira, como mostrado na figura 22:

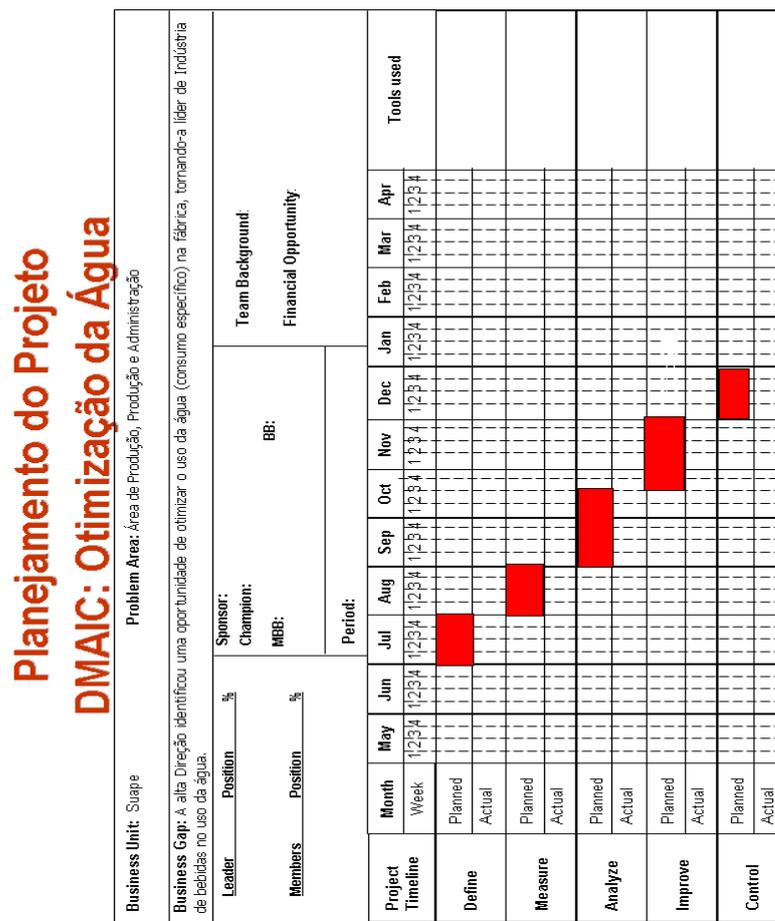


Figura 22: Planejamento do projeto de otimização do uso de água

4.8. MEDIR O PROJETO

4.8.1. Criar Mapa Detalhado do Processo

Para entender a situação com detalhes suficientes, segue o fluxograma do processo de água e os pontos de medição da planta como mostrado na figura 23 e figura 24:

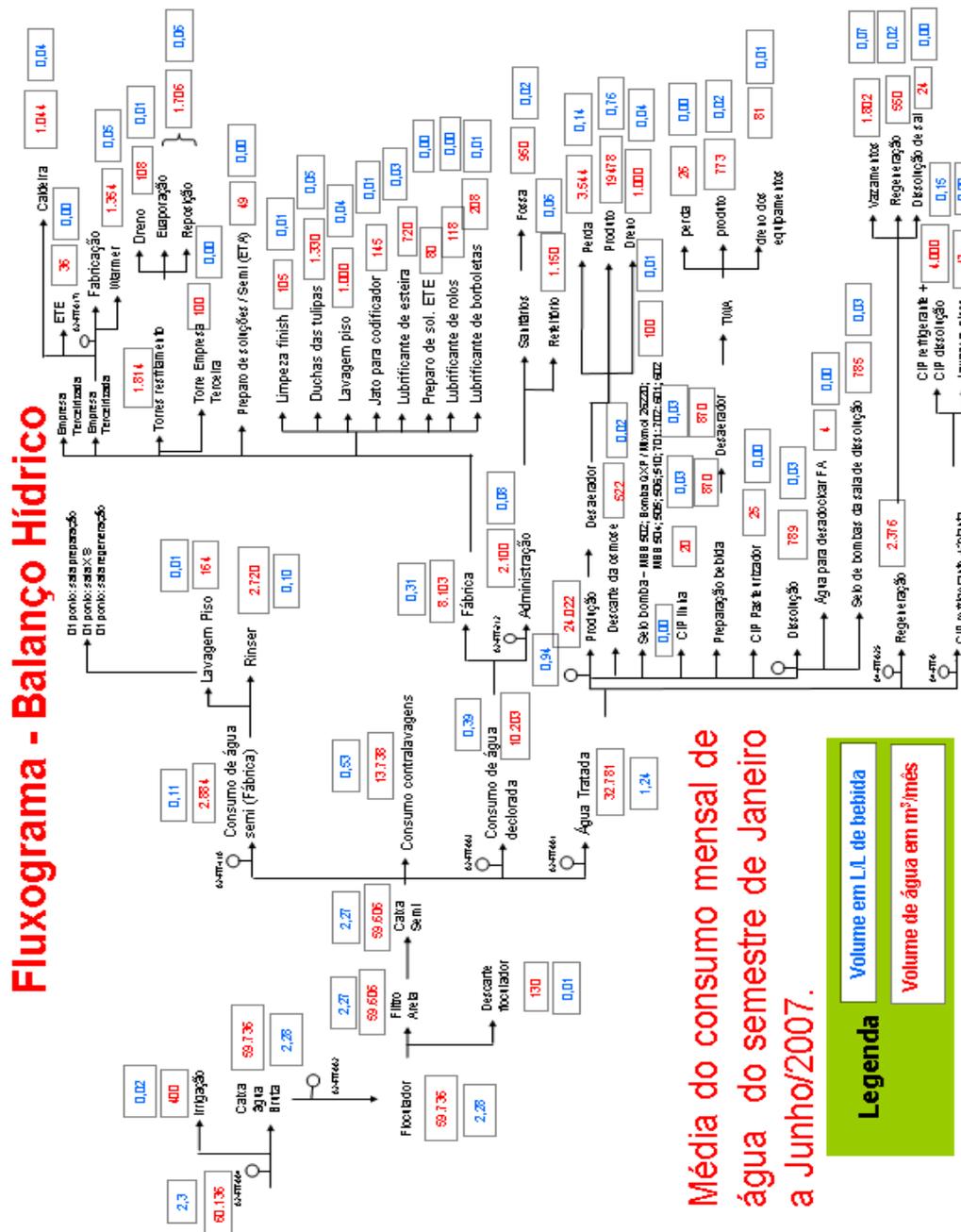


Figura 23: Balanço Hídrico

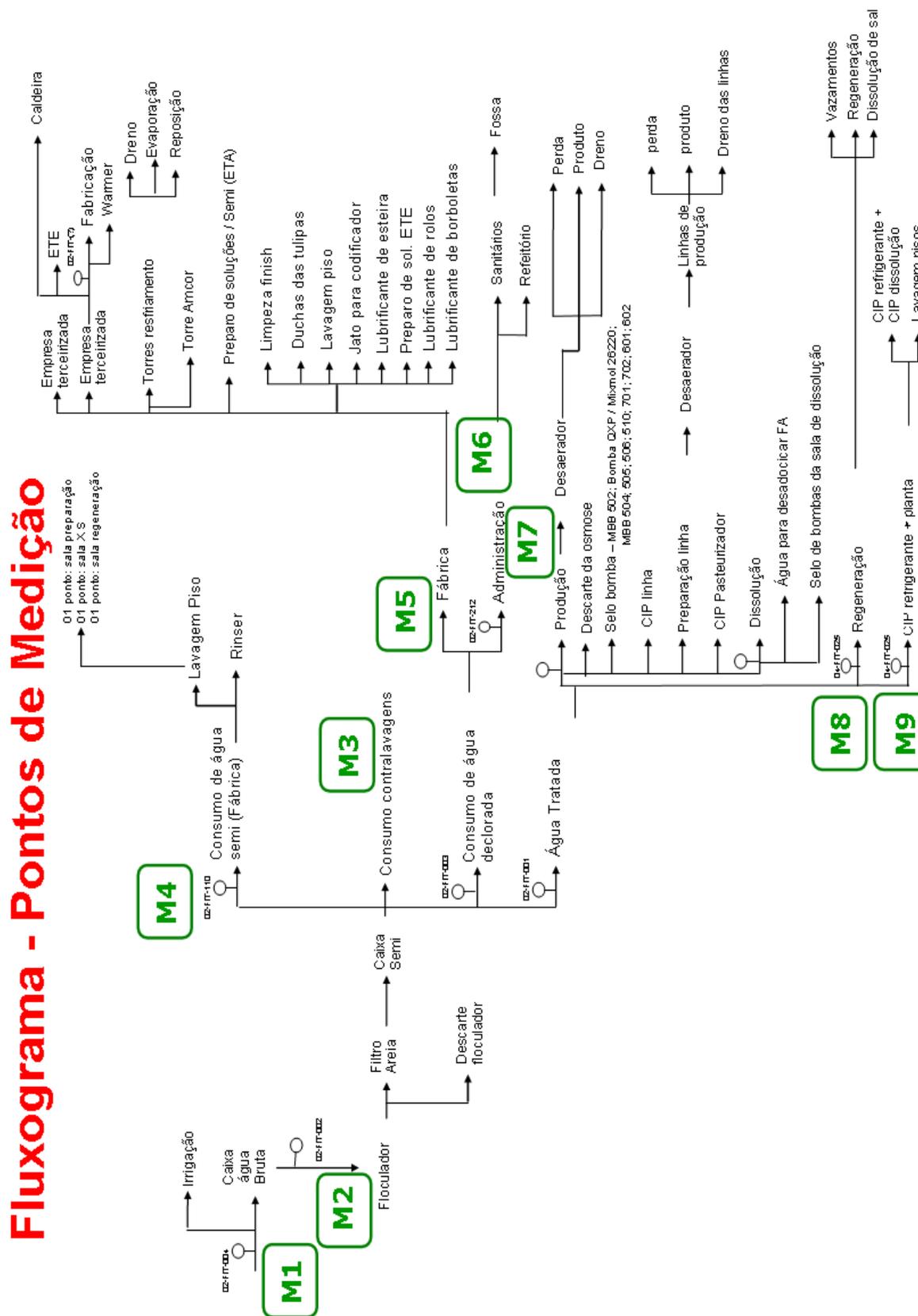


Figura 24: Pontos de Medição

4.8.2. Coletar Dados do Defeito e do Processo

Baseado nos fluxogramas da etapa anterior, chegou-se aos seguintes dados como mostrado na figura 25:

Processos	Pontos checkados	Indicadores	O que	Como calcular	Onde	Quem	Quando	Medições
Tratamento de água	M1	X1	Entrada de água bruta	Medidor da Compesa	Entrada da água bruta	Fulano	Semanal	360818 m ³
	M2	X2	Consumo de água bruta	Leitura Medidor EPS	EPS	Fulano	Semanal	20120 m ³
	M3	X3	Consumo de água semi-tratada - ETA	Leitura Medidor EPS - Diferença do consumo de água bruta , pelo consumo da água semi-tratada, água tratada e água decolorada	EPS	Fulano	Semanal	82431 m ³
	M4	X4	Consumo de água semi-tratada - Fábrica	Leitura Medidor EPS	EPS	Fulano	Semanal	17306 m ³
	M5	X5	Consumo de água decolorada - Fábrica	Leitura Medidor EPS - Diferença do consumo de água decolorada pelo consumo de água decolorada - Administração	EPS	Fulano	Semanal	48623 m ³
	M6	X6	Consumo de água decolorada - Administração	Leitura Medidor EPS	EPS	Fulano	Semanal	12600 m ³
	M7	X7	Consumo água tratada - Produção	Leitura Medidor EPS	EPS	Fulano	Semanal	147268 m ³
	M8	X8	Consumo água tratada - Regeneração	Leitura Medidor EPS	EPS	Fulano	Semanal	14258 m ³
	M9	X9	Consumo água tratada - CIP	Leitura Medidor EPS	EPS	Fulano	Semanal	24285 m ³
	M10	Y1	Consumo específico	Litros de água consumido por litros de bebida produzido	RERP	Fulano	Semanal	2,33 l/l

Figura 25: Indicadores na otimização do uso da água

4.8.3. Análise de Dados com Ferramentas Gráficas

Segue gráficos de Pareto para visualização dos dados coletados na etapa anterior, mostrado pela figura 26:

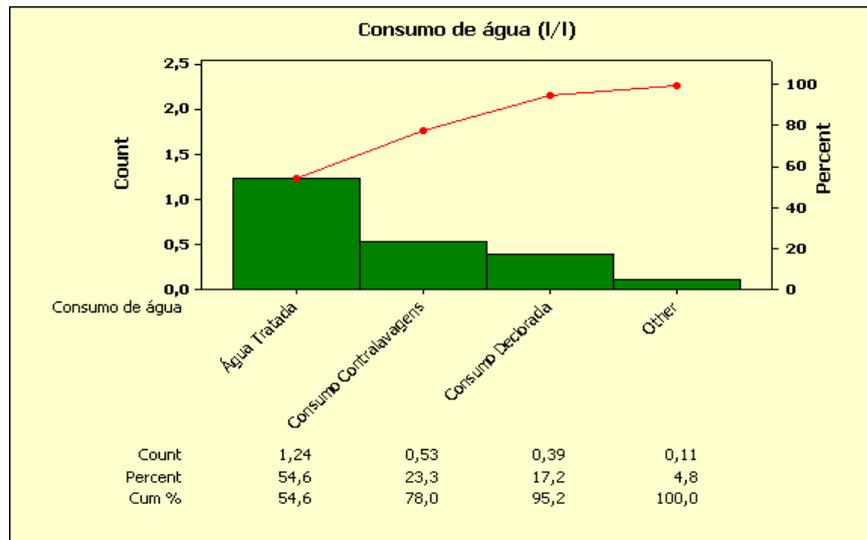


Figura 26: Gráfico de Pareto do consumo de água

De acordo com a figura 49, a água tratada, consumo de contra-lavagens e consumo de água decolorada correspondem a 95,2% da água total utilizada na fábrica.

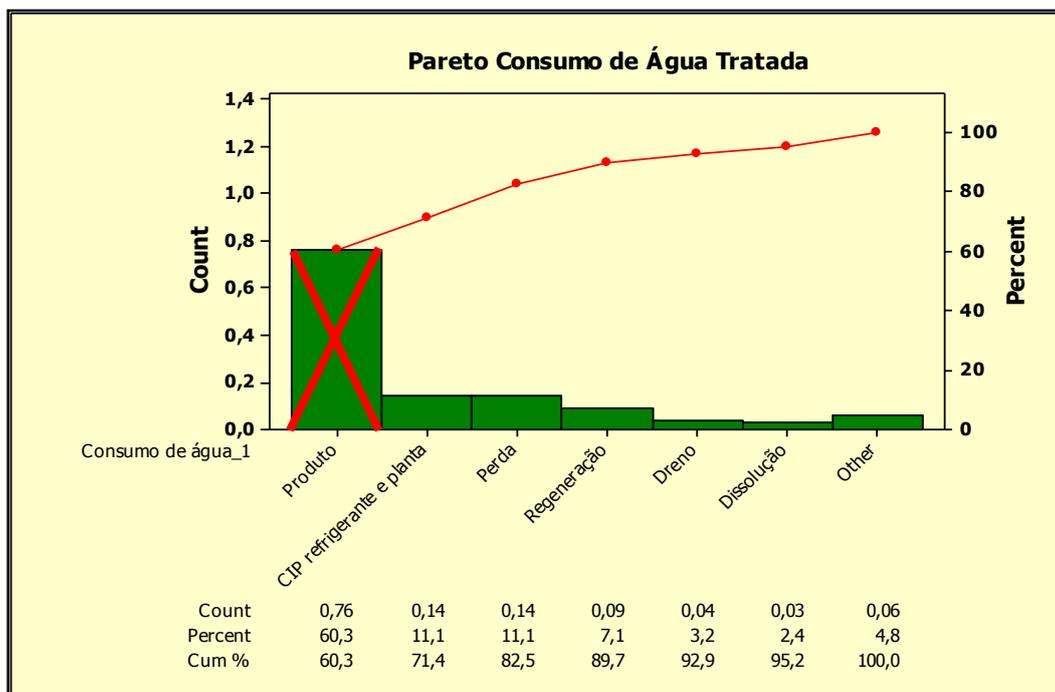


Figura 27: Gráfico de Pareto do consumo de água tratada inclusive o produto

Pode-se visualizar na figura 27 que o produto final consome 60% da água tratada utilizada no processo.

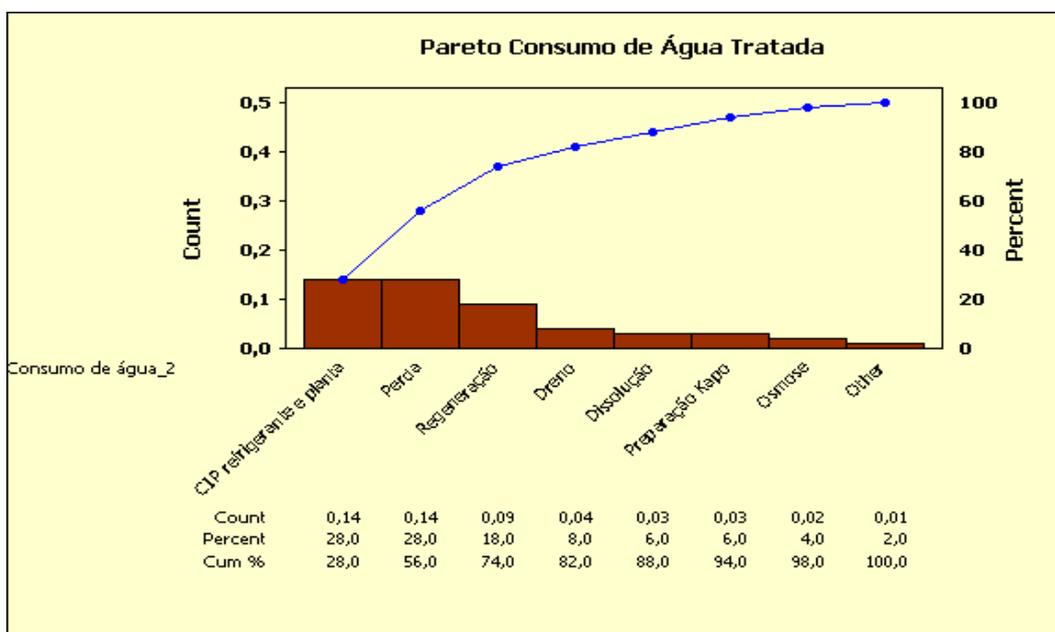


Figura 28: Gráfico de Pareto do consumo de água tratada

Fazendo análise do gráfico de pareto mostrado na figura 28, os CIP's, perda de produto, regeneração, dreno do desaerador e dissolução de açúcar representam 88% do consumo total de água tratada.

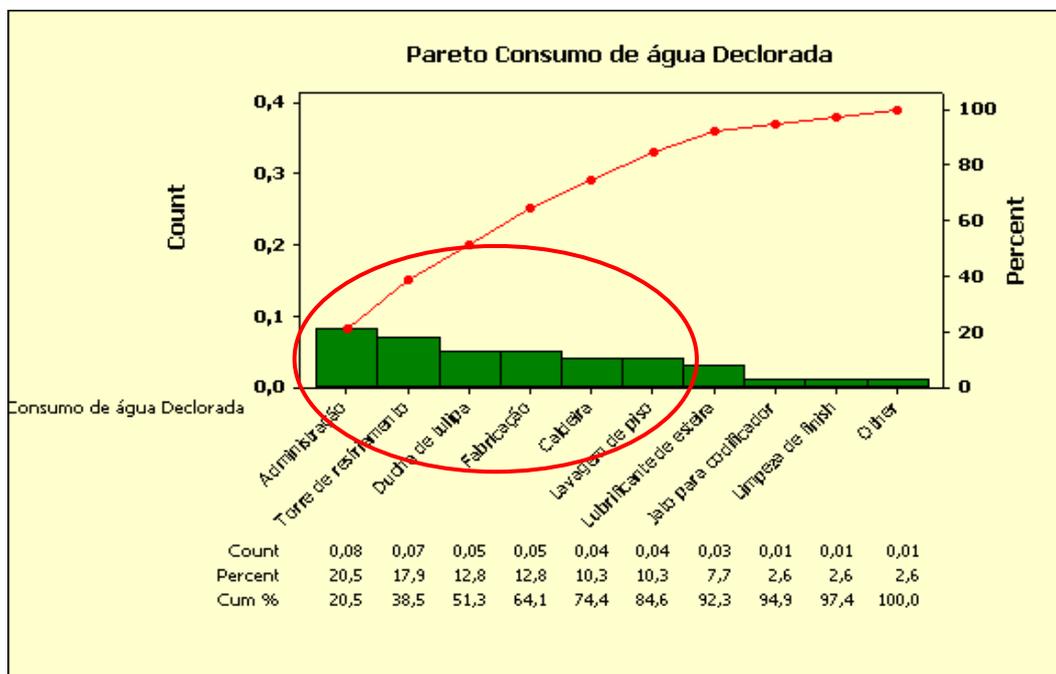


Figura 29: Gráfico de Pareto do consumo de água declorada

Fica fácil observar através da figura 29 que 85% do consumo de água declorada é representada pelo consumo da administração, torres de resfriamento, duchas de tulipas, fabricação, caldeira e lavagem de piso.

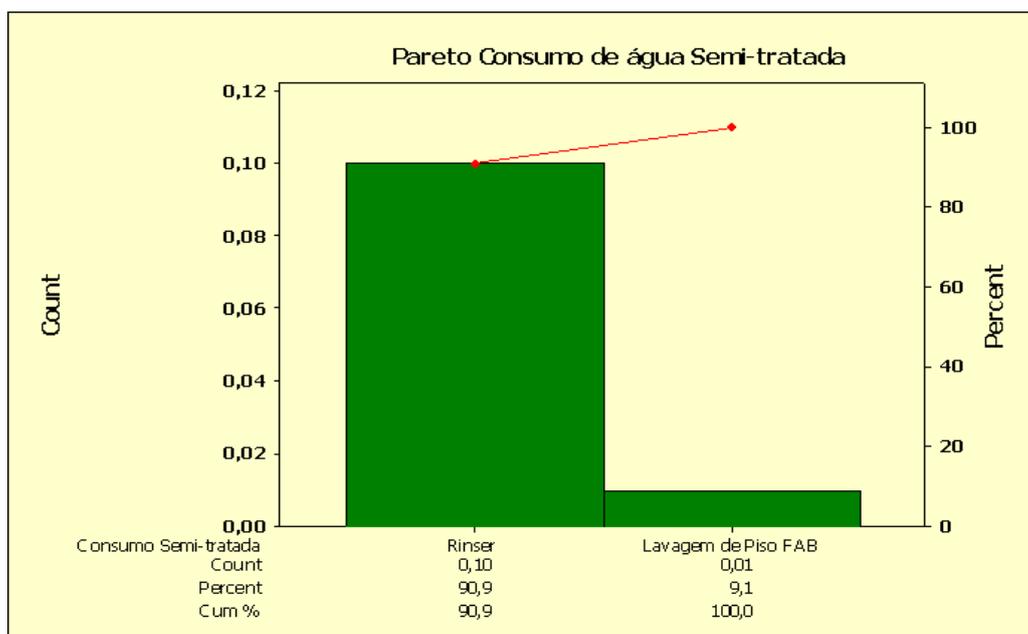


Figura 30: Gráfico de Pareto do consumo de água semi-tratada

Pela análise da figura 30, a água utilizada nos rinser's, representa 90% do consumo de água semi-tratada.

O rendimento de utilização da água bruta é de 43%, ou seja, a cada litro de bebida produzido é utilizado 43% do total de água bruta fornecida à fábrica. A partir deste rendimento, visualizando a tabela do sigma do processo, pode-se observar o valor do sigma em 1,34.

4.8.4. Desenvolver a Definição Final do Problema

Com base nos gráficos e dados expostos, chegou-se a seguinte Definição Final do Problema:

“De Jan/07 a Jun/07 o consumo específico de água foi 2,34 litros de água por cada litro de bebida produzida (l/l). As oportunidades identificadas representam 0,84l/l do consumo específico de água. O que provoca uma redução de 2,34l/l para 1,5l/l do consumo específico. O reaproveitamento da contra-lavagem dos filtros da ETA, água do rinser, duchas das tulipas das enchedoras, dreno do desaerador, jato de água dos codificadores, selo de bombas e dreno

das linhas de produção, além da redução no consumo de água com a retirada de vazamentos da sala de regeneração, gera um *saving* em torno de U\$ 103K ao ano. Aumentando o rendimento de utilização da água bruta de 43 para 70%, o sigma do processo aumenta de 1,34 para 2,02.”

4.9. ANALISAR O PROJETO

4.9.1. Identificar as Causas-Raiz Potenciais

A análise das principais causas foi realizada através do Brainstorming e verificaram-se diversos pontos de melhoria como reaproveitamento do consumo das contra-lavagens, selos de bombas da água tratada e da sala de dissolução, rinser, dreno do desaerador, e dreno das linhas de produção, descarte da osmose, duchas da tulipa, jatos para codificador e vazamentos.

Algumas ações para redução do consumo específico de água foram tomadas de imediato. Essas ações para o Seis Sigma são chamadas de *Quick Hit*. Foram elas, da figura 31, da figura 32 e da figura 33, respectivamente:

1. Jatos para codificação – foram eliminadas desde 15/08/06;



Figura 31: Foto ilustrativa do jato para codificação

O consumo mensal de água para este item era de 50m³. Com um consumo estimado de 600m³, no ano de 2006 foi responsável por um custo de R\$1.962,00.

YTD - 150m³ / R\$ 490,00

YTG - 100m³ / R\$ 327,00

2. Descarte da osmose – foi direcionado para o início do processo de tratamento de água (caixa de água bruta) desde Agosto/06;



Figura 32: Recuperação da água da osmose

O consumo mensal de água para este item era de 522m³. Com um consumo estimado de 6264m³, no ano de 2006 foi responsável por um custo de R\$2.192,00.

YTD - 783m³ / R\$ 274,00

YTG - 1044m³ / R\$ 365,00

3. Vazamentos nas colunas de troca iônica – foram sanados imediatamente no mês de Outubro/06.



Figura 33: Coluna de troca iônica

O consumo mensal de água para este item era de 384m³. Com um consumo estimado de 4608m³, no ano de 2006 foi responsável por um custo de R\$15.068,00.

4.9.2. Organizar Causas-Raiz Potenciais

A organização das causas-raiz foi feita em diagramas de causa e efeito e separados para um melhor entendimento, como segue na figura 35:

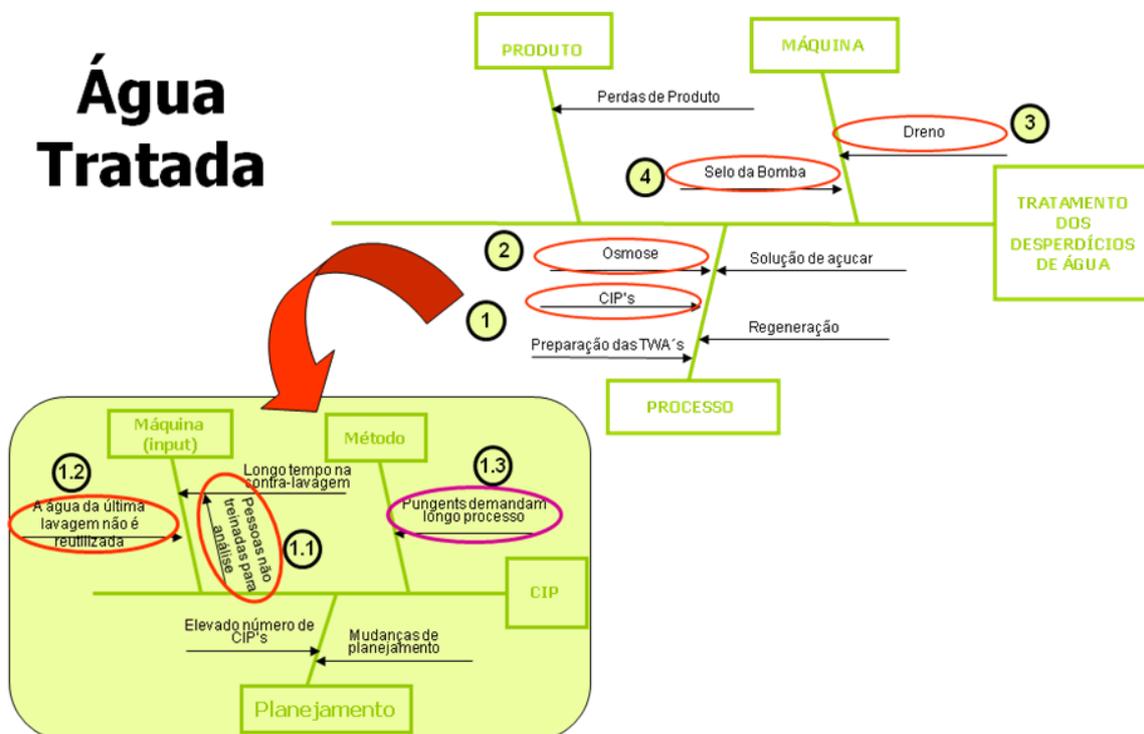


Figura 35: Diagrama de Causa e Efeito Água Tratada

Foram visualizadas quatro oportunidades: Osmose, CIP's, Selo da Bomba e Dreno.

Detalhando a sanitização da linha (CIP), verificou-se: a água da última lavagem não é reutilizada, os produtos que contém pungent demandam um longo tempo no processo, e pessoas não treinadas para realizar análises mais fiéis e confiáveis.

Realizando análise de causa e efeito para água declorada, segue figura 36:

Análise de Causa e Efeito

Água Declorada

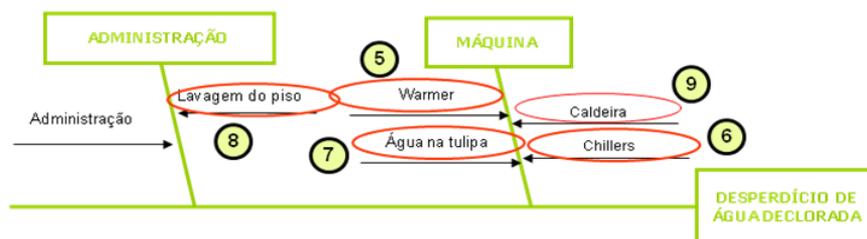


Figura 36: Diagrama de Causa e Efeito Água Declorada

Dentre as causas, foram destacadas: lavagem do piso, água para warmer, água na tulipa, água na caldeira e água nos chillers.

Realizando análise de causa e efeito para água semi-tratada, segue figura 37:

Análise de Causa e Efeito

Água Semi-Tratada

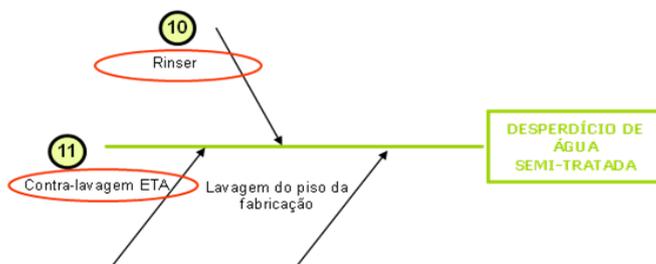


Figura 37: Diagrama de Causa e Efeito Água Semi-Tratada

Dentre as causas, foram selecionadas: Rinser e Contra-lavagem da ETA.

4.9.3. Coletar Dados para Verificar Causas-Raiz

Voltando aos pontos de medição do balanço hídrico (*Figura 34*), seguem dados coletados:

Tabela 1: Dados do ponto de medição

M1	Entrada de água bruta	2,3*
M2	Consumo de água bruta	2,28*
M3	Consumo de água semi-tratada (ETA)	0,53*
M4	Consumo de água semi-tratada (Fábrica)	0,11*
M5	Consumo de água declorada (Fábrica)	0,31*
M6	Consumo de água declorada (Administração)	0,08*
M7	Consumo de água tratada (Produção)	1,24*
M8	Consumo de água tratada (Regeneração)	0,09*
M9	Consumo de água tratada (CIP)	0,15*

* Dados na unidade de litros por litro (consumo específico).

* Dados referente ao período da fase medir.

4.9.4. Quantificar Relações de Causa-Efeito e Confirmar Causas-Raiz

Segue os dados coletados para validação das causas potenciais:

Tabela 2: Validação das causas

Número	Causa Potencial	M3 Reduzido	Método de Verificação	Causa principal?
1	<i>CLEAN-IN-PLACE</i> (CIP)	-	-	-
1.1	Operadores não treinados para fazer a análise	168	Teste de campo	Sim
1.2	A água da última lavagem não é reutilizada	750	Teste de campo	Sim
1.3	Produtos com pungente demandam longo processo	75	Teste de campo	Sim
2	OSMOSE	522	Teste de campo	Sim
3	Dreno	2117	Teste de campo	Sim
4	Selo da bomba	885	Teste de campo	Sim
5	Aquecedor	270	Teste de campo	Sim
6	Máquina de refrigeração	1914	Teste de campo	Sim
7	Água da tulipa	665	Teste de campo	Sim
8	Lavagem do piso	500	Teste de campo	Sim
9	Caldeira	835	Teste de campo	Sim
10	Rinser	2720	Teste de campo	Sim
11	Contra-lavagem ETA	12089	Teste de campo	Sim
	Total	23510		
	L/L	1,50		

4.10. MELHORAR O PROJETO

4.10.1. Identificar Soluções Possíveis para Causas-Raiz

A identificação das possíveis soluções para as causas-raiz:

Tabela 3: Possíveis soluções

Causas Raiz	Possíveis soluções
CIP - A água da última lavagem não é reutilizada	Reutilização da água da última lavagem de cada CIP
CIP - Operadores não treinados para fazer a análise	Treinar operadores
OSMOSE	Reutilizar a água
Dreno	Reutilizar a água
Selo da bomba	Reutilizar a água
Caldeira	Reutilizar a água
Warmer	Utilizar a água do sistema de dreno e do desaerador
Torres dos Chillers	Melhorar a qualidade da água
Jatos das tulipas	Estudar a possibilidade de eliminar este ponto
Lavagem do piso	Melhorar a qualidade da água
Rinser	Reutilizar a água
Contra-lavagem ETA	Reutilizar a água

4.10.2. Selecionar Soluções

Segue matriz de seleção da solução para as causas encontradas na figura 38 e figura 39:



Figura 38: Matriz 1 de seleção da solução



Figura 39: Matriz 2 de seleção da solução

4.10.3. Conduzir Análise de Custo/Benefício

Segue análise de custo/benefício na figura 40:

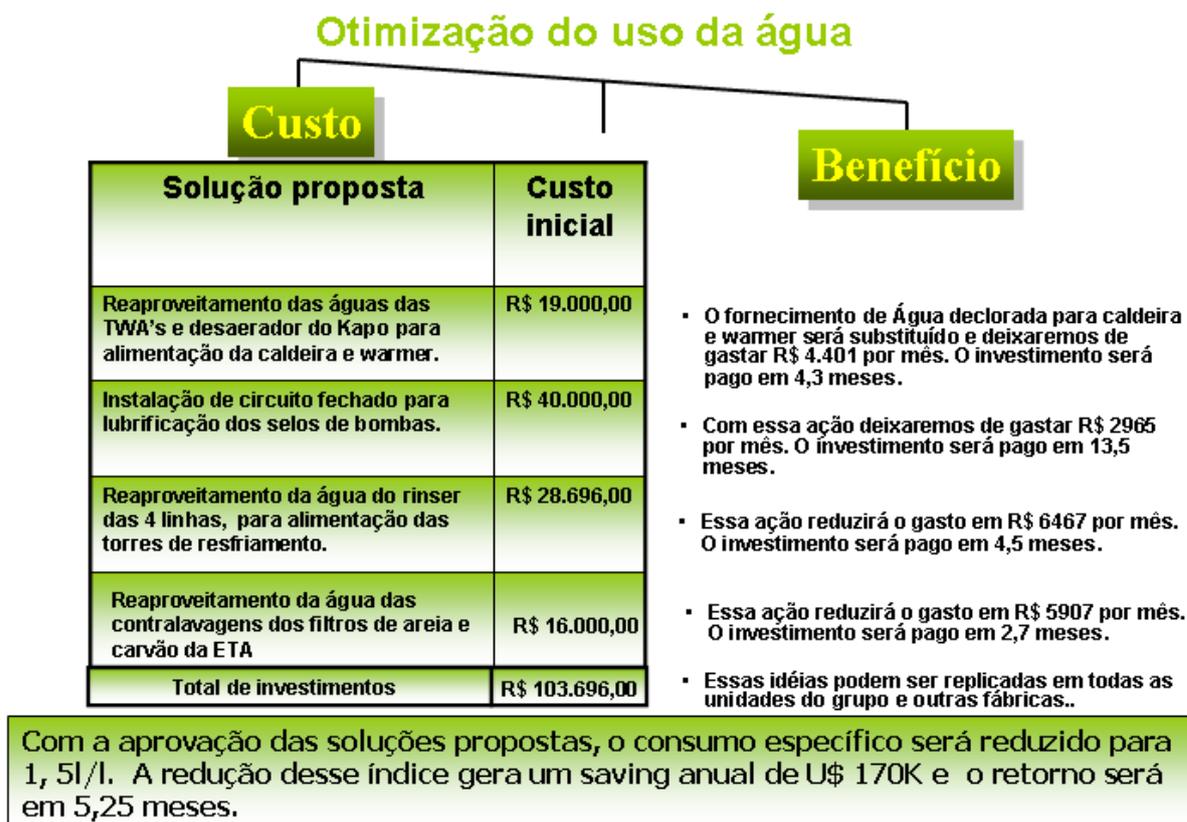


Figura 40: Análise custo x benefício

4.10.4. Desenvolver Planejamento

Houve planejamento e foi demonstrado em plano de ação, ressaltando que houveram algumas ações já implementadas (*Quick Hits*). Segue plano na tabela 4:

Tabela 4: Soluções de problemas

Definição do Problema		Otimização no uso da água		
Soluções	Responsável	Data	Status	
Serviço de reaproveitamento das águas das TWA's, sendo coletada através de tubulação e conduzida até caixa inox, por sua vez bombeada até a caldeira com tubo de PVC de diâmetro de 1/2".	Fulano	28/02/2007		
Serviço de reaproveitamento da água do rinser da linha 2, sendo coletada em tanque e bombeada para abastecer as torres de refrigeração em tubo de PVC de diâmetro de 1/2".	Fulano	28/02/2007		
Serviço de reaproveitamento da água do rinser das linhas 1,3 e 4, sendo transportada para um tanque de aço inox dotado de sensores de níveis alto e baixo que acionarão uma bomba, que enviará água para as torres de refrigeração.	Fulano	28/02/2007		
Instalação do sistema de circuito fechado para a lubrificação dos selos de bomba para refrigeração.	Fulano	31/03/2007		
Serviço de reaproveitamento da água da contralavagem dos filtros de carvão e areia da ETA. A água será enviada através de tubulação em PVC para a caixa de água bruta.	Fulano	31/12/2006		

4.10.5. Avaliar Resultados

Realizada a consolidação dos dados em 2006, na tabela 5, tem-se:

Tabela 5: Dados consumo específico ano de 2006

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Entrada de Água Bruta	2,17	2,20	2,43	2,19	2,49	2,35	2,57	2,26	2,37	2,15	2,03	1,81
Consumo Água Bruta (L / L)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Consumo Água Recuperada (Bruta) (L / L)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Consumo Água Semi-Tratada (ETA) (L / L)	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,4	0,6	0,4	0,3	0,1
Consumo Água Semi-Tratada (Fábrica) (L / L)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Consumo Água Declorada (Fábrica) (L / L)	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2
Consumo Água Declorada (Administração) (L / L)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Consumo Água Tratada (Produção) (L / L)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9
Consumo Água Tratada (Regeneração) (L / L)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
Consumo Água Tratada (CIP) (L / L)	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1

Pôde-se verificar facilmente que o consumo específico de água bruta durante todo o ano, com exceção de Dezembro, permaneceu acima de 2 L/L, que é um valor muito elevado.

Com a implementação dos “*Quick Hit’s*” (a partir do mês de Agosto/06) e da ação de reaproveitamento da água das contra-lavagens dos filtros de areia e carvão da estação de tratamento de água, realizada em 31/12/06, já foi possível ser notado uma melhoria significativa do consumo específico para 1,81 L/L no mês de Dezembro/06.

Para um melhor entendimento dos valores dos consumos específicos, segue volume de produção neste ano de 2006 na tabela 6:

Tabela 6: Dados volume de produção ano de 2006

LITRO DE BEBIDA - Total	
Mês	Volume
Jan	26.332.226
Fev	26.534.409
Mar	26.713.964
Abr	28.996.662
Mai	23.112.886
Jun	25.250.011
Jul	23.284.601
Ago	25.982.907
Set	25.381.450
Out	32.390.175
Nov	35.562.135
Dez	40.030.352

Ressaltando que além da ação implementada e dos *Quick Hits*, o volume produzido do mês de dezembro é bem mais elevado que os meses anteriores e isso faz com que os números sejam mais equilibrados (relativamente proporcionais ao volume de produção).

Segue a tabela 7 que mostrará os resultados em valor monetário das recuperações das ações:

Tabela 7: Saving período de implementação das primeiras ações em 2006

Ano de 2006	
Mês	Saving (US\$)
Agosto	163,50
Setembro	290,78
Outubro	1.643,64
Novembro	1.647,68
Dezembro	2.336,76
TOTAL	6.082,36

Seguindo o mesmo raciocínio anterior, com as implementações das ações previstas para Fevereiro/07 e Março/07, os resultados consolidados do ano de 2007 ficaram conforme dados da tabela 8:

Tabela 8: Consumo específico no período de implementação das primeiras ações em 2007

	Jan	Fev	Mar	Abr
Entrada de Água Bruta	1,88	1,96	2,02	1,98
Consumo Água Bruta (L / L)	0,2	0,0	0,0	0,0
Consumo Água Recuperada (Bruta) (L / L)	0,0	0,2	0,1	0,0
Consumo Água Semi-Tratada (ETA) (L / L)	0,0	0,3	0,4	0,5
Consumo Água Semi-Tratada (Fábrica) (L / L)	0,1	0,1	0,2	0,1
Consumo Água Declorada (Fábrica) (L / L)	0,3	0,3	0,4	0,4
Consumo Água Declorada (Administração) (L / L)	0,1	0,1	0,1	0,2
Consumo Água Tratada (Produção) (L / L)	1,0	0,9	1,0	1,0
Consumo Água Tratada (Regeneração) (L / L)	0,1	0,2	0,2	0,2
Consumo Água Tratada (CIP) (L / L)	0,1	0,2	0,1	0,1

Segue *saving* gerado na tabela 9:

Tabela 9: *Saving* no período de implementação das primeiras ações em 2007

Ano de 2007	
Mês	<i>Saving</i> (U\$)
Janeiro	14.578,62
Fevereiro	12.867,69
Março	17.403,10
Abril	15.199,53

Analisando estes meses e comparando com os do ano anterior, pode-se observar uma redução bastante acentuada no consumo específico e se mantendo bem abaixo do ano anterior em todos os meses medidos.

Segue volume de produção neste ano de 2007 na tabela 10:

Tabela 10: Volume de produção período de implementação das primeiras ações em 2007

LITRO DE BEBIDA (Litros) - Total	
Mês	Volume
Jan	36.597.836
Fev	27.215.313
Mar	35.382.757
Abr	29.306.867

De jan até julho de 2007 o custo com água foi equivalente a 0,56% dos custos operacionais.

4.11. CONTROLAR O PROJETO

4.11.1. Desenvolver e Documentar as Práticas Padrão

Foi desenvolvido um *check list* para inspeção diária dos pontos de reaproveitamento de água, como segue na figura 41:

CHECK LIST DE INSPEÇÃO

ITEM	ATIVIDADE	FORMA DE VERIFICAÇÃO	RESPONSÁVEL	ATIVADO	DESATIVADO
01	Reaproveitamento do descarte da osmose		Fulano		
02	Jatos para codificação eliminados		Fulano		
03	Vazamento nas colunas iônicas sanados		Fulano		
04	Jatos para tulipa eliminados		Fulano		
05	Reaproveitamento das águas das TWA's e desaerador do Kapo para alimentação da		Fulano		
06	Instalação de circuito fechado para lubrificação dos selos de bombas		Fulano		
07	Reaproveitamento da água do rinser das 4 linhas, para alimentação das torres de		Fulano		
08	Reaproveitamento da água das contra-lavagens dos filtros de areia e carvão da ETA		Fulano		

EXECUTANTE:

DATA DA VERIFICAÇÃO:

 Inspeção Visual

Figura 41: *Check list* de inspeção

4.11.2. Construir o Sistema de Controle do Gerenciamento do Processo

A construção do PMCS ficou conforme figura 42:

SISTEMA DE CONTROLE E GERENCIAMENTO DO PROCESSO											
Nome do processo	Instalação de Água	Unidade Stage	Mapa do processo	CPU de Cliente	Subordinada	Administrativo	Área Cliente	Interação Utilizador (U.I.)	Indicador Gráfico (I.G.)	Consumo específico (C.E.)	
Fonte e Tipo de Água	Capacidade da Distribuidora	Fabricação	Produção	Utilização				Nome - Nome do Documento - Descrição	Nome - Nome do Documento - Descrição	Y ₁ - Consumo de água Y ₂ - Consumo de água Y ₃ - Consumo de água Y ₄ - Consumo de água Y ₅ - Consumo de água Y ₆ - Consumo de água Y ₇ - Consumo de água Y ₈ - Consumo de água Y ₉ - Consumo de água Y ₁₀ - Consumo de água Y ₁₁ - Consumo de água Y ₁₂ - Consumo de água Y ₁₃ - Consumo de água Y ₁₄ - Consumo de água Y ₁₅ - Consumo de água Y ₁₆ - Consumo de água Y ₁₇ - Consumo de água Y ₁₈ - Consumo de água Y ₁₉ - Consumo de água Y ₂₀ - Consumo de água Y ₂₁ - Consumo de água Y ₂₂ - Consumo de água Y ₂₃ - Consumo de água Y ₂₄ - Consumo de água Y ₂₅ - Consumo de água Y ₂₆ - Consumo de água Y ₂₇ - Consumo de água Y ₂₈ - Consumo de água Y ₂₉ - Consumo de água Y ₃₀ - Consumo de água Y ₃₁ - Consumo de água Y ₃₂ - Consumo de água Y ₃₃ - Consumo de água Y ₃₄ - Consumo de água Y ₃₅ - Consumo de água Y ₃₆ - Consumo de água Y ₃₇ - Consumo de água Y ₃₈ - Consumo de água Y ₃₉ - Consumo de água Y ₄₀ - Consumo de água Y ₄₁ - Consumo de água Y ₄₂ - Consumo de água Y ₄₃ - Consumo de água Y ₄₄ - Consumo de água Y ₄₅ - Consumo de água Y ₄₆ - Consumo de água Y ₄₇ - Consumo de água Y ₄₈ - Consumo de água Y ₄₉ - Consumo de água Y ₅₀ - Consumo de água Y ₅₁ - Consumo de água Y ₅₂ - Consumo de água Y ₅₃ - Consumo de água Y ₅₄ - Consumo de água Y ₅₅ - Consumo de água Y ₅₆ - Consumo de água Y ₅₇ - Consumo de água Y ₅₈ - Consumo de água Y ₅₉ - Consumo de água Y ₆₀ - Consumo de água Y ₆₁ - Consumo de água Y ₆₂ - Consumo de água Y ₆₃ - Consumo de água Y ₆₄ - Consumo de água Y ₆₅ - Consumo de água Y ₆₆ - Consumo de água Y ₆₇ - Consumo de água Y ₆₈ - Consumo de água Y ₆₉ - Consumo de água Y ₇₀ - Consumo de água Y ₇₁ - Consumo de água Y ₇₂ - Consumo de água Y ₇₃ - Consumo de água Y ₇₄ - Consumo de água Y ₇₅ - Consumo de água Y ₇₆ - Consumo de água Y ₇₇ - Consumo de água Y ₇₈ - Consumo de água Y ₇₉ - Consumo de água Y ₈₀ - Consumo de água Y ₈₁ - Consumo de água Y ₈₂ - Consumo de água Y ₈₃ - Consumo de água Y ₈₄ - Consumo de água Y ₈₅ - Consumo de água Y ₈₆ - Consumo de água Y ₈₇ - Consumo de água Y ₈₈ - Consumo de água Y ₈₉ - Consumo de água Y ₉₀ - Consumo de água Y ₉₁ - Consumo de água Y ₉₂ - Consumo de água Y ₉₃ - Consumo de água Y ₉₄ - Consumo de água Y ₉₅ - Consumo de água Y ₉₆ - Consumo de água Y ₉₇ - Consumo de água Y ₉₈ - Consumo de água Y ₉₉ - Consumo de água Y ₁₀₀ - Consumo de água	Y ₁ - Consumo de água Y ₂ - Consumo de água Y ₃ - Consumo de água Y ₄ - Consumo de água Y ₅ - Consumo de água Y ₆ - Consumo de água Y ₇ - Consumo de água Y ₈ - Consumo de água Y ₉ - Consumo de água Y ₁₀ - Consumo de água Y ₁₁ - Consumo de água Y ₁₂ - Consumo de água Y ₁₃ - Consumo de água Y ₁₄ - Consumo de água Y ₁₅ - Consumo de água Y ₁₆ - Consumo de água Y ₁₇ - Consumo de água Y ₁₈ - Consumo de água Y ₁₉ - Consumo de água Y ₂₀ - Consumo de água Y ₂₁ - Consumo de água Y ₂₂ - Consumo de água Y ₂₃ - Consumo de água Y ₂₄ - Consumo de água Y ₂₅ - Consumo de água Y ₂₆ - Consumo de água Y ₂₇ - Consumo de água Y ₂₈ - Consumo de água Y ₂₉ - Consumo de água Y ₃₀ - Consumo de água Y ₃₁ - Consumo de água Y ₃₂ - Consumo de água Y ₃₃ - Consumo de água Y ₃₄ - Consumo de água Y ₃₅ - Consumo de água Y ₃₆ - Consumo de água Y ₃₇ - Consumo de água Y ₃₈ - Consumo de água Y ₃₉ - Consumo de água Y ₄₀ - Consumo de água Y ₄₁ - Consumo de água Y ₄₂ - Consumo de água Y ₄₃ - Consumo de água Y ₄₄ - Consumo de água Y ₄₅ - Consumo de água Y ₄₆ - Consumo de água Y ₄₇ - Consumo de água Y ₄₈ - Consumo de água Y ₄₉ - Consumo de água Y ₅₀ - Consumo de água Y ₅₁ - Consumo de água Y ₅₂ - Consumo de água Y ₅₃ - Consumo de água Y ₅₄ - Consumo de água Y ₅₅ - Consumo de água Y ₅₆ - Consumo de água Y ₅₇ - Consumo de água Y ₅₈ - Consumo de água Y ₅₉ - Consumo de água Y ₆₀ - Consumo de água Y ₆₁ - Consumo de água Y ₆₂ - Consumo de água Y ₆₃ - Consumo de água Y ₆₄ - Consumo de água Y ₆₅ - Consumo de água Y ₆₆ - Consumo de água Y ₆₇ - Consumo de água Y ₆₈ - Consumo de água Y ₆₉ - Consumo de água Y ₇₀ - Consumo de água Y ₇₁ - Consumo de água Y ₇₂ - Consumo de água Y ₇₃ - Consumo de água Y ₇₄ - Consumo de água Y ₇₅ - Consumo de água Y ₇₆ - Consumo de água Y ₇₇ - Consumo de água Y ₇₈ - Consumo de água Y ₇₉ - Consumo de água Y ₈₀ - Consumo de água Y ₈₁ - Consumo de água Y ₈₂ - Consumo de água Y ₈₃ - Consumo de água Y ₈₄ - Consumo de água Y ₈₅ - Consumo de água Y ₈₆ - Consumo de água Y ₈₇ - Consumo de água Y ₈₈ - Consumo de água Y ₈₉ - Consumo de água Y ₉₀ - Consumo de água Y ₉₁ - Consumo de água Y ₉₂ - Consumo de água Y ₉₃ - Consumo de água Y ₉₄ - Consumo de água Y ₉₅ - Consumo de água Y ₉₆ - Consumo de água Y ₉₇ - Consumo de água Y ₉₈ - Consumo de água Y ₉₉ - Consumo de água Y ₁₀₀ - Consumo de água
Água quente	
Água quente - resfriada	
Água resfriada Desbiada	
...	

Figura 42: PMCS

4.11.3. Treinar Pessoal, Implementar Completamente as Soluções e o PMCS

Nesta etapa do projeto, toda equipe do projeto elaborou uma rotina a ser cumprida pelas áreas envolvidas. Esta rotina foi composta de simples atividades que conseguirão suprir as necessidades do acompanhamento das implementações das melhorias.

Rotina:

1. Operador da área de Utilidades coleta diariamente os dados nos pontos de medição do balanço hídrico (*Figura 34*);
2. O Técnico da Fabricação realiza o *check-list* de inspeção diariamente das melhorias;
3. Os dados são consolidados no Planejamento e Controle de Produção, que gera o relatório diário gerencial.

Para uma melhor visualização, segue dados do ano de 2007 na tabela 11 após a implementação e manutenção das melhorias através do PMCS:

Tabela 11: Consumo específico em 2007

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Entrada de Água Bruta	1,88	1,96	2,02	1,98	1,96	2,17	1,97	2,12	1,97	1,82	1,85	1,57
Consumo Água Bruta (L / L)	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Consumo Água Recuperada (Bruta) (L / L)	0,0	0,2	0,1	0,0	0,2	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Consumo Água Semi-Tratada (ETA) (L / L)	0,0	0,3	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3
Consumo Água Semi-Tratada (Fábrica) (L / L)	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Consumo Água Declorada (Fábrica) (L / L)	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4
Consumo Água Declorada (Administração) (L / L)	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Consumo Água Tratada (Produção) (L / L)	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,2	0,9
Consumo Água Tratada (Regeneração) (L / L)	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Consumo Água Tratada (CIP) (L / L)	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Pode-se visualizar a manutenção dos bons resultados durante todo o ano de 2007 com relação ao consumo específico de todos os índices.

Conforme planejado pela equipe do projeto, estimava-se um *saving* no valor de U\$170K e o retorno dos investimentos em 5,25 meses. Segue os *savings* na tabela 12 em cada mês:

Tabela 12: Saving em 2007

Ano de 2007	
Mês	Saving (U\$)
Janeiro	14.578,62
Fevereiro	12.867,69
Março	17.403,10
Abril	15.199,53
Mai	15.085,77
Junho	13.812,06
Julho	13.566,85
Agosto	17.789,45
Setembro	18.812,89
Outubro	19.271,33
Novembro	18.725,00
Dezembro	24.850,00
Total anual	201.962,28

Apesar do retorno dos investimentos não ter ocorrido dentro do planejado, 5,25 meses, que na verdade ocorreu menos de um mês após, o fechamento do projeto foi um sucesso, pois não só foi batida a marca dos U\$170K, como foi ultrapassado em 18,8% deste valor. Segue na tabela 13 o volume de produção neste ano de 2007:

Tabela 13: Volume de produção em 2007

LITRO DE BEBIDA (Litros) - Total	
Mês	Volume
Jan	36.597.836
Fev	27.215.313
Mar	35.382.757
Abr	29.306.867
Mai	29.643.298
Jun	25.208.519
Jul	30.850.814
Ago	25.808.670
Set	27.436.749
Out	30.453.026
Nov	31.456.770
Dez	38.817.125

4.11.4. Fechar Projeto, Comemorar e Extrapolar

Em reunião com todos os participantes, após a conclusão do projeto, todos os participantes realizaram as atividades de controle das melhorias acompanhados das pessoas chave que iriam ficar responsáveis pela realização do *check* e do acompanhamento do PMCS, para que os acompanhantes não tivessem quaisquer dúvidas com relação à realização das atividades exigidas.

Todos os dias estes números são checados e caso não se enquadrem ao resultado esperado, toda equipe se reúne e busca as causas de ter ocorrido tal acontecimento e sua possível solução. Só assim, é possível manter o projeto confiável e rentável para a organização.

A equipe do projeto comemorou a conclusão e o sucesso do projeto em um jantar em um dos melhores restaurantes da Cidade, acompanhados de música ao vivo, sorteios e premiações, brincadeiras, e a presença de pessoas ilustres da organização.

O projeto será estudado nas demais unidades para que se consiga alcançar resultados satisfatórios tão quanto os da unidade de Suape.

5. CONCLUSÕES

O processo é iniciado com um “rompimento de atitude”. Os líderes das organizações devem perceber que melhoria contínua não é suficientemente rápida no alcance de objetivos estratégicos, financeiros e operacionais. Deve-se reduzir de maneira drástica o desperdício crônico. Com a implantação efetiva do Seis Sigma, as organizações conseguem se manter competitivas através de ganhos na produtividade, expansão da margem e alto crescimento dos rendimentos.

Este trabalho propôs soluções potenciais que visam aumentar a produtividade em uma Indústria de Refrigerantes através da metodologia DMAIC. Ressaltando que a metodologia não garantirá sucesso a nenhuma organização, pois o diferencial está no comprometimento da alta administração, formada por equipes altamente treinadas e dedicadas, e que acreditem fielmente no sucesso que a ferramenta pode trazer ao projeto.

Apesar de já observado um grande aumento na produtividade até a conclusão do presente trabalho, nem todas as iniciativas propostas foram implementadas integralmente devidas análise de custo benefício não ser favorável até o momento. Porém a meta inicial e as ações baseadas nesta análise de custo foram finalizadas e como se pôde perceber, foi ultrapassada em mais de 18% em termos de rentabilidade. A equipe do projeto e a está bastante satisfeita com os resultados do projeto e como planejado, vai extrapolar para as demais unidades e as chances deste projeto ter sucesso nestas unidades são bastante estimulantes.

Se por algum motivo a meta não seja alcançada, é necessário retornar à etapa Medir do projeto e ter um maior aprofundamento na análise do problema, para posteriormente aplicar as próximas etapas.

Além da falta de conhecimento específico de alguns integrantes do projeto de áreas diferentes, uma das dificuldades foi na avaliação dos dados onde pudemos verificar que os resultados não estavam sendo satisfatórios. Retornamos a etapa Medir e prosseguimos com as análises. Não conseguimos encontrar nenhum erro que justificasse o não alcance dos resultados. Realizamos um acompanhamento na coleta de dados e verificamos uma falha operacional do operador na coleta dos mesmos. Este operador foi treinado novamente e pudemos perceber rapidamente a convergência dos dados que estávamos esperando.

É recomendada a utilização da ferramenta mostrada neste trabalho, pois a eliminação dos desperdícios, a eficiência das operações, ganhos na produtividade, expansão da margem e crescimento dos rendimentos, torna a organização cada vez mais competitiva.

Através das ferramentas de controle, até presente, o projeto continua com resultados semelhantes aos mostrados neste trabalho em diversos meses com resultados superiores ao esperado devido ao aumento de demanda e crescimento da organização.

Este trabalho de conclusão de curso teve importante contribuição na formação do autor, pois propiciou a experiência de organizar, sistematizar e aprofundar o conhecimento no assunto abordado, proporcionando a oportunidade de analisar a temática escolhida a partir das experiências e conhecimentos acumulados ao longo da formação acadêmica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAÑUELAS, R.; ANTONY, J. Critical success factors the successful implementation of six sigma projects in organizations. **The TQM Magazine**, v.14, n.2, p.92-99, 2002.

BLAUTH, R. Seis Sigma uma estratégia para melhorar resultados. **Revista FAE Business**, n.5, abr. 2003, p.36-40.

BREYFOGLE, F.W. Six Sigma: **smart solutions using statistical methods**. 2. ed. Austin: Wiley, 2003.

CAMPBELL, A. Stakeholders: the Case in Favour. **Long Range Planning**, London, v.30, n.3, June, 1997, p.446-449.

EDVINSSON, L.; MALONE, M. S. **Capital intelectual**. São Paulo: Makron Books, 1998. 214p.

GEORGE, Michael L. Lean Six Sigma – **Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed**. McGraw Hill, New York, U.S.A. 2002.

HAHN, G.J. Six Sigma: a practical perspective. In: **Simposio Metodologia Seis Sigma 1**. México, 2001.

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

MCCARTHY, B. M.; STAUFFER, R. Enhancing six sigma through simulation with igrafx process for six sigma. In: **Proceeding of the 2001 Winter Simulation Conference**, Phoenix, Arizona, 2001.

PANDE, P. S.; NEUMAN R. P.; CAVANAGH R. R. **Six Sigma way team field book, the an implementation guide for project improvement**. New York: McGraw-Hill, 2001.

PANDE, Peter S.; NEUMAN, Robert P.; CAVANAGH, Roland R. - **Estratégia Seis Sigma: Como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho.** Qualitymark Editora Ltda, 2001.

PEREZ-WILSON, M. Seis Sigma: compreendendo o conceito, as implicações e os desafios. Rio de Janeiro: **Qualitymark**, 1999.

ROTONDARO, Roberto G. – Seis Sigma – **Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços.** São Paulo, Editora Atlas, 2002.

SULLIVAN, P. H. Profiting from intellectual capital. **Journal of Knowledge Management**, West Yorkshire, v.3, n.2, p.132-142, 1999.

SENAPATI, S. R. Six Sigma: myths and realities. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v.21, n.6, p.683-690, 2004.

THE COCA-COLA COMPANY. **Site oficial da Coca-cola Brasil.** Disponível em: <<http://www.cocacolabrasil.com.br/>>. Acesso em: 01 dez. 2009.

VALLE, B. M. Tecnologia da informação no contexto organizacional. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 25, n.1, p. 7-11, 1996.