



**UNISUL**

**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**

**DANUSKA MARIA CRESTANI**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA – MÉTODO DMAIC - PARA A  
REDUÇÃO NO CONSUMO DE ÁGUA DA LINHA DE PRODUÇÃO DE  
RETORNÁVEIS EM UMA INDÚSTRIA DE BEBIDAS**

Palhoça

2018

**DANUSKA MARIA CRESTANI**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA – MÉTODO DMAIC - PARA A  
REDUÇÃO NO CONSUMO DE ÁGUA DA LINHA DE PRODUÇÃO DE  
RETORNÁVEIS EM UMA INDÚSTRIA DE BEBIDAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Silene Rebelo, Ms.

Palhoça

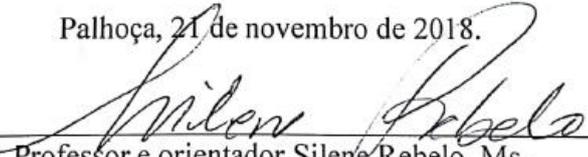
2018

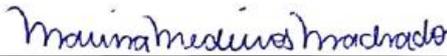
**DANUSKA MARIA CRESTANI**

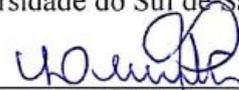
**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA – MÉTODO DMAIC - PARA A  
REDUÇÃO NO CONSUMO DE ÁGUA DA LINHA DE PRODUÇÃO DE  
RETORNÁVEIS EM UMA INDÚSTRIA DE BEBIDAS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheira Ambiental e Sanitarista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 21 de novembro de 2018.

  
\_\_\_\_\_  
Professor e orientador Silene Rebelo, Ms.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Marina Medeiros Machado, Dr.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

  
\_\_\_\_\_  
Leonete Gorges, Bel.  
Spal Indústria Brasileira de Bebidas S/A

Dedico este trabalho, com muito carinho, a minha mãe, meu marido, minha família, meus amigos de vida, amigos do trabalho e amigos da faculdade, todos vocês foram essenciais durante essa trajetória.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pela oportunidade proporcionada de viver, sentir e pensar. A minha mãe, Horair, por ser exemplo de mulher, de ser humano, de persistência, de dedicação e de amor. Obrigada por não medir esforços jamais.

Ao meu marido, Anderson, por nunca soltar a minha mão, por ser a minha força nos momentos mais oportunos, por entender os dias ruins e me apoiar incondicionalmente.

A minha família, em especial ao meu irmão e minhas tias, por terem acreditado em mim e me encorajado nos momentos de baixa.

A minha professora e orientadora Silene pela paciência, incentivo e atenção dispensada durante toda minha jornada na universidade e em especial no desenvolvimento desse trabalho. A todos os nossos professores que se dedicam e nos transmitem mais do que conhecimento acadêmico, mas experiências profissionais e de vida.

A empresa na qual trabalho, meus colegas e gestores pela compreensão, pelas oportunidades de aprendizado e crescimento.

Aos meus amigos e colegas de faculdade que estiveram ao longo desses cinco anos ao meu lado e que deram uma contribuição valiosa para a minha jornada acadêmica. Obrigada pelos conselhos, palavras de apoio, puxões de orelha e risadas. Só tenho a agradecer e dizer que levarei vocês comigo sempre.

“Nem tudo que se enfrenta pode ser modificado, mas nada pode ser modificado até que seja enfrentado” (ALBERT EINSTEIN).

## RESUMO

Em busca do atendimento legal, engajamento e maior competitividade no mercado, as empresas têm se preocupado cada vez mais com seus impactos ambientais gerados. As indústrias de bebidas em especial, utilizam a água como principal ingrediente de seus processos produtivos. Posto isto, o consumo de água é um dos pilares do sistema de gestão ambiental nesse segmento industrial. No entanto, a norma NBR ISO 14001:2015 reitera fortemente a importância da melhoria contínua no sistema de gestão. Sendo assim, o trabalho realizou a aplicação da metodologia Seis Sigma, especificamente o método DMAIC, com vistas a redução do consumo de água na linha de produção de retornáveis em uma indústria de bebidas na região da Grande Florianópolis. Foram realizados levantamentos de dados, mapeamento de processos, medições e análises nas etapas do processo produtivo. Após a análise foram propostas e desenvolvidas ações de melhoria e controle. Com a implantação das etapas da metodologia Seis Sigma, método DMAIC, os resultados mostraram uma redução no consumo de água, média, de 8% nos últimos três meses. Com isso, o trabalho demonstra que a aplicação do método DMAIC se mostrou eficiente para redução do consumo de água na indústria de bebidas e para aplicação em indicadores de desempenho ambiental.

Palavras-chave: DMAIC. Melhoria Contínua. Redução do Consumo de Água. Sistema de Gestão Ambiental.

## **ABSTRACT**

In search of legal service, engagement and greater competitiveness in the market, companies have been increasingly concerned with their environmental impacts. The beverage industry in particular uses water as the main ingredient in their production processes. Therefore, water consumption is one of the pillars of the environmental management system in this industrial segment. However, the ISO 14001: 2015 standard reiterates strongly the importance of continuous improvement in the management system. Thus, the work carried out the application of the Six Sigma methodology, specifically the DMAIC method, with a view to reducing water consumption in the returnable production line in a beverage industry in the Greater Florianópolis region. Data surveys, mapping of processes, measurements and analyzes were carried out in the stages of the production process. After the analysis, improvement and control actions were proposed and developed. With the implementation of the steps of the Six Sigma methodology, DMAIC method, the results showed a reduction in average water consumption of 8% in the last three months. Thus, the work demonstrates that the application of the DMAIC method has proved to be efficient for reducing water consumption in the beverage industry and for applying environmental performance indicators.

**Keywords:** DMAIC. Continuous improvement. Reduction of Water Consumption. Environmental Management System.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Relação entre o ciclo PDCA e a norma ISO 14001:2015.....	16
Figura 2: Requisitos do SGA conforme a norma NBR ISO 14001:2015.....	17
Figura 3: Diagrama de causa e efeito. ....	20
Figura 4: Modelos de gráfico de dispersão.....	21
Figura 5: Símbolos e significados para fluxograma. ....	22
Figura 6: Exemplo de uma folha de verificação.....	22
Figura 7: Exemplo de gráfico de controle. ....	23
Figura 8: Exemplo de Gráfico de Pareto. ....	24
Figura 9: Exemplo de Histograma.....	25
Figura 10: Exemplo de gráfico estatístico representativo do Seis Sigma.....	26
Figura 11: As etapas do método DMAIC e seus objetivos. ....	27
Figura 12: Diagrama de KANO. ....	28
Figura 13: Diagrama SIPOC. ....	29
Figura 14: Exemplo Diagrama de Serpente.....	29
Figura 15: Modelo de matriz VOC.....	31
Figura 16: Modelo de SIPOC. ....	31
Figura 17: Modelo do diagrama de serpente. ....	32
Figura 18: Modelo de carta do projeto. ....	33
Figura 19: Modelo de fluxograma do processo produtivo. ....	34
Figura 20: Modelo de diagrama de Ishikawa. ....	37
Figura 21: Modelo de análise 5 Porquês. ....	37
Figura 22: Modelo gráfico da matriz de esforço versus impacto. ....	39
Figura 23: Modelo de PMCS.....	41
Figura 24: Matriz Voz do Cliente de uma indústria de bebidas, março/2018. ....	43
Figura 25: Diagrama de Serpente de uma indústria de bebidas, março/2018. ....	43
Figura 26: SIPOC da linha de produção de uma indústria de bebidas, março/2018. ....	44
Figura 27: Carta do Projeto de uma indústria de bebidas, março/2018.....	45
Figura 28: Fluxograma do processo produtivo de uma indústria de bebidas, abril/2018.....	47
Figura 29: Análise Cinco Porquês - Lavadoras, junho/2018.....	49
Figura 30: Análise Cinco Porquês - Periféricos, junho/2018.....	51
Figura 31: Carta de controle lavadora, esguichos finais, outubro/2018.....	57
Figura 32: PMCS final, setembro/2018.....	57

Figura 33: Capacidade do Processo, início do projeto, março/2018. ....	58
Figura 34: Capacidade do Processo, final do projeto, setembro/2018. ....	58

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Gráfico de Pareto Lavadoras, junho/2018.....	49
Gráfico 2: Gráfico de Pareto Periféricos, junho/2018. ....	51
Gráfico 3: Percentual de ações realizadas por mês, outubro/2018.....	55
Gráfico 4: Percentual de redução do indicador ao longo dos meses, outubro/2018.....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Modelo de matriz de causa e efeito. ....	35
Tabela 2: Modelo de plano de coleta de dados.....	36
Tabela 3: Modelo de matriz de priorização, periféricos.....	38
Tabela 4: Modelo da tabela matriz esforço <i>versus</i> impacto. ....	39
Tabela 5: Modelo de plano de ação. ....	40
Tabela 6: Causas identificadas para elevado consumo de água - Lavadoras, junho/2018. ....	48
Tabela 7: Causas identificadas para elevado consumo de água - Periféricos, junho/2018. ....	50
Tabela 8: Plano de Ações, julho/2018. ....	52

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1	JUSTIFICATIVA .....	13
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
2.1	OBJETIVO GERAL .....	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
3.1	SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL.....	15
3.2	QUALIDADE .....	18
3.3	FERRAMENTAS DA QUALIDADE.....	19
<b>3.3.1</b>	<b>Diagrama de Causa e Efeito .....</b>	<b>19</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Diagrama de Dispersão e Correlação.....</b>	<b>20</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Fluxograma .....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Folha de Verificação.....</b>	<b>22</b>
<b>3.3.5</b>	<b>Gráfico de Controle.....</b>	<b>23</b>
<b>3.3.6</b>	<b>Gráfico de Pareto .....</b>	<b>23</b>
<b>3.3.7</b>	<b>Histograma.....</b>	<b>24</b>
3.4	O SISTEMA SEIS SIGMA .....	25
3.5	O MÉTODO DMAIC .....	26
<b>3.5.1</b>	<b>Principais Ferramentas Utilizadas no Método DMAIC .....</b>	<b>28</b>
3.5.1.1	Matriz VOC .....	28
3.5.1.2	Diagrama de SIPOC .....	29
3.5.1.3	Diagrama de Serpente.....	29
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>30</b>
4.1	LOCAL DO ESTUDO .....	30
4.2	ETAPAS DO DMAIC .....	31
<b>4.2.1</b>	<b>Etapa Definir .....</b>	<b>31</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Etapa Medir .....</b>	<b>34</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Etapa Analisar .....</b>	<b>36</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Etapa Melhorar .....</b>	<b>38</b>
<b>4.2.5</b>	<b>Etapa Controlar.....</b>	<b>40</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>42</b>
5.1	DEFINIR.....	42

5.2	MEDIR.....	45
5.3	ANALISAR .....	48
5.4	MELHORAR .....	52
5.5	CONTROLAR .....	56
5.6	SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL, MELHORIA CONTÍNUA.....	<b>ERRO!</b>
	<b>INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>	
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>61</b>
6.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	63
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>64</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As atividades industriais e seus processos produtivos estão diretamente relacionadas com diversos impactos ambientais, desde o consumo de recursos naturais até a emissões de poluentes. Em busca do atendimento a legislação, as pressões de um mercado competitivo e da sociedade a qual está inserida, as empresas têm se preocupado cada vez mais com seus impactos ambientais gerados. Além disso, as preocupações estão voltadas para formas de promover e desenvolver um sistema de gestão ambiental, desta maneira, minimizando seus impactos e reforçando sua política de responsabilidade sócio ambiental (FREITAS; RICHARTZ; PFITSCHER, 2009).

Segundo dados da Agência Nacional de Águas (ANA), o setor industrial é responsável pelo terceiro maior consumo de água no país, ficando atrás apenas do abastecimento urbano e da agricultura. Ainda segundo a ANA, esse consumo no ano de 2015 correspondeu a 192,41 m<sup>3</sup>/s. O consumo de cada tipo de indústria depende de vários fatores, dentre eles: o tipo de produto, tecnologias empregadas, boas práticas e a maturidade do sistema de gestão ambiental. Nesse sentido, recentemente observa-se que a preocupação com a eficiência no uso da água tem ocupado lugar de destaque nas estratégias industriais, principalmente dos que mais utilizam esse recurso.

Dentre outros requisitos, a Norma Brasileira (NBR) *International Organization for Standardization* (ISO) 14.001:2015, especifica que o sistema de gestão ambiental deve estar em processos recorrentes de avanço, com propósito de aprimorar o desempenho ambiental da organização, sendo assim, as indústrias devem buscar a evolução de seus indicadores de desempenho continuamente.

Nesse contexto, o método Definir, Medir, Analisar, Melhorar (*Improve*) e Controlar (DMAIC) surgiu com a proposta de reduzir variações nos processos produtivos e promover melhorias nos indicadores de desempenho das organizações. O mesmo se mostra como uma alternativa para melhoria no desempenho dos indicadores do sistema de gestão ambiental. É um método aplicado a melhoria dos processos e pode ser utilizado em diferentes contextos. As etapas da metodologia DMAIC são direcionadas para a solução de problemas de forma cíclica e contínua, contribuindo no processo de melhoria contínua (BRAITT; FETTERMANN, 2014).

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A indústria de bebidas utiliza a água como principal matéria-prima de seus produtos, além de ser um insumo essencial para limpeza e higienização que garantem a qualidade dos mesmos. Sendo assim, a busca pela minimização no consumo de água nesse segmento industrial vem de encontro com as políticas ambientais e a responsabilidade sócio ambiental.

A Política do sistema de gestão ambiental da indústria de bebidas em estudo, diz que a mesma se compromete, entre outros fatores, com:

- A melhoria contínua do desempenho de suas atividades e da eficiência de seus processos;
- A prevenção à poluição e a redução de seus impactos ambientais, particularmente em questões relacionadas ao uso de água e energia.

Segundo o item 3.4.5 da NBR ISO 14001:2015 a melhoria contínua deve ser aplicada para o aumento do desempenho ambiental, relacionado com o sistema de gestão ambiental e coerente com a política ambiental da organização. Como pode ser observado na política ambiental da indústria de bebidas, a empresa tem como premissa não somente a prevenção da poluição, mas também a busca pela eficiência no consumo de água e energia.

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo demonstrar a eficiência da aplicação da metodologia Seis Sigma, através do método DMAIC, na melhoria do indicador de água da linha de produção de retornáveis de uma indústria de bebidas. Além disso, o trabalho apresenta a análise dos dados de consumo de água e suas causas e propõe melhorias para as causas identificadas.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Demonstrar a eficiência da aplicação da metodologia Seis Sigma, através da utilização do método Definir, Medir, Analisar, Melhorar (*Improve*) e Controlar (DMAIC), para a redução no consumo de água da linha de produção de retornáveis da indústria de bebidas carbonatadas não alcólicas.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar os dados históricos e atuais dos consumos de água dos processos;
- Analisar as causas do consumo de água através da aplicação do método DMAIC;
- Propor melhorias a partir das causas identificadas;
- Correlacionar o método DMAIC com o PDCA.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

Entre as décadas de 1960 e 1970, em meio a transformações culturais, surge uma nova consciência ambiental. No entanto, é entre os anos 1980 e 1990 que a gestão ambiental começa a ser vista pelas grandes empresas, não mais como custos, e sim como investimento e vantagem competitiva (LOZANO; OLIVEIRA, 2006).

Após o final da década de 1980, o agravamento das alterações ambientais e a relação entre os processos produtivos e os impactos ambientais negativos, aumentam a pressão sobre as empresas. Nesse momento, as normas ambientais passam a ser mais exigentes e, com o aumento das informações, os próprios consumidores passam a cobrar das empresas uma postura mais atenciosa frente as questões ambientais (SEIFFERT, 2006).

Nesse contexto, surgiram as normas do sistema de gestão, em especial a norma ISO 14001 que especifica as principais exigências para a implantação e adoção de um sistema de gestão ambiental. Desde sua primeira versão em 1996 até a última atualização em 2015, muito se evoluiu frente as questões de gerenciamento ambiental, no entanto, a norma ISO 14001 continua sendo referência para as organizações.

Segundo Barbieri (2011), um sistema de gestão ambiental (SGA) é um conjunto interligado de atividades administrativas e operacionais com diretrizes formalizadas, objetivos definidos e avaliação dos resultados obtidos. Além disso, o SGA pode ser criado pela própria organização ou seguir modelos propostos, como o da ISO 14001.

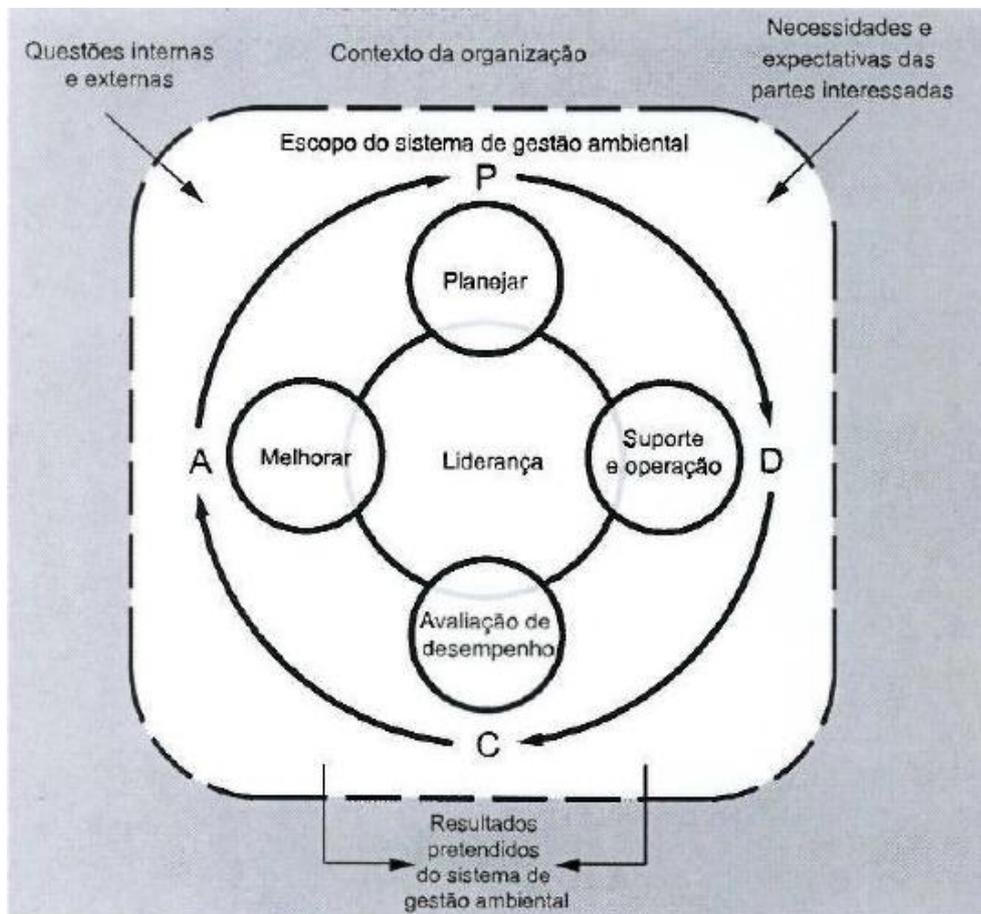
As normas internacionais para regulamentação dos sistemas de gestão ambiental começaram a ser criadas na década de 1990, a partir da criação da norma BS 7750 da *British Standards Institution* (BSI), em 1992. A Organização Internacional para Padronização (ISO) criou em 1993 o comitê técnico TC-207 e também subcomitês e grupos de trabalho para elaboração da série de normas ISO sobre gestão ambiental. Essa série criada foi a ISO 14000, a qual pode ser aplicada a todas os setores, desde as indústrias até as atividades primárias e terciárias (VALLE, 2004).

As normas que correspondem aos sistemas de gestão ambiental são: ISO 14001 – Sistema de Gestão Ambiental: requisitos com orientações para uso; e 14004 – Sistema de

Gestão Ambiental: diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio. Sendo que, suas primeiras versões foram publicadas em 1996 (BARBIERI, 2011).

A norma ISO 14001 se baseia no ciclo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA). O ciclo PDCA foi criado em 1930 por Shewhart e permite elaborar planos de trabalho para todas as áreas e projetos de modo contínuo, desta forma, atingindo permanentemente novos padrões de desempenho. Conforme pode ser observado na Figura 1, a estrutura da norma está intimamente relacionada com as etapas do ciclo PDCA, com isso, espera-se que o sistema promova o aprimoramento contínuo do desempenho ambiental da organização, porém, sempre coerente com a política ambiental da empresa (BARBIERI, 2011).

Figura 1: Relação entre o ciclo PDCA e a norma NBR ISO 14001:2015.



Fonte: ABNT, 2015.

Como premissa, a organização deve estabelecer, documentar, implementar, manter e melhorar continuamente seu sistema de gestão ambiental em conformidade com todos os requisitos da norma (BARBIERI, 2011), os quais estão descritos na Figura 2.

Figura 2: Requisitos do SGA conforme a norma NBR ISO 14001:2015.

- 
- 4. Contexto da organização**
    - 4.1 Entendendo a organização e seu contexto
    - 4.2 Entendendo as necessidades e expectativas de partes interessadas
    - 4.3 Determinando o escopo do sistema de gestão ambiental
    - 4.4 Sistema de gestão ambiental
  - 5. Liderança**
    - 5.1 Liderança e comprometimento
    - 5.2 Política ambiental
    - 5.3 Papéis, responsabilidades e autoridades organizacionais
  - 6. Planejamento**
    - 6.1 Ações para abordar riscos e oportunidades
      - 6.1.1 Generalidades
      - 6.1.2 Aspectos ambientais
      - 6.1.3 Requisitos legais e outros requisitos
      - 6.1.4 Planejamento de ações
    - 6.2 Objetivos ambientais e planejamento para alcançá-los
      - 6.2.1 Objetivos ambientais
      - 6.2.2 Planejamento de ações para alcanças os objetivos ambientais
  - 7. Apoio**
    - 7.1 Recursos
    - 7.2 Competência
    - 7.3 Conscientização
    - 7.4 Comunicação
      - 7.4.1 Generalidades
      - 7.4.2 Comunicação interna
      - 7.4.3 Comunicação externa
    - 7.5 Informação documentada
      - 7.5.1 Generalidades
      - 7.5.2 Criando e atualizando
      - 7.5.3 Controle de informação documentada
  - 8. Operação**
    - 8.1 Planejamento e controle operacionais
    - 8.2 Preparação e resposta a emergências
  - 9. Avaliação de desempenho**
    - 9.1 Monitoramento, medição, análise e avaliação
      - 9.1.1 Generalidades
      - 9.1.2 Avaliação do atendimento aos requisitos legais e outros requisitos
    - 9.2 Auditoria interna
      - 9.2.1 Generalidades
      - 9.2.2 Programa de auditoria interna
    - 9.3 Análise crítica pela direção
  - 10. Melhoria**
    - 10.1 Generalidades
    - 10.2 Não conformidade e ação corretiva
    - 10.3 Melhoria Contínua
-

### 3.2 QUALIDADE

O entendimento da área da qualidade necessita que uma avaliação histórica de como surgiu esse conceito no ambiente empresarial. Ainda no século XX, a qualidade era representada pela figura do inspetor, aquele responsável por avaliar e separar os produtos que estavam em desacordo com as especificações, ou seja, uma visão corretiva da qualidade (BATALHA, 2008).

Nas décadas de 1920 e 1930, começaram a surgir os elementos de composição do chamado controle de qualidade. Walter A. Shewhart, em 1924, criou os gráficos de controle estatístico do processo, mudando a visão corretiva da qualidade para uma visão preventiva, de monitoramento e controle. O surgimento das normas britânicas e americanas de controle de qualidade na década de 1930, reforçavam a visão preventiva e de monitoramento do controle de qualidade. (BATALHA, 2008).

A partir da década de 50, um novo conceito para qualidade surgia, o conceito de garantia da qualidade. Tendo como primeira abordagem *Total Quality Control* (TQC), proposta por Armand Feigenbaum, a qual influenciou fortemente a *International Organization for Standardization* (ISO) que em 1987 publica a primeira versão da série de normas ISO 9000 denominada *sistema de garantia da qualidade* (BATALHA, 2008).

Após a segunda guerra mundial, no Japão, surge o conceito de gestão da qualidade. Esse conceito engloba vários elementos da gestão da qualidade total, porém, as principais inclusões foram: minimização dos desperdícios, busca pela melhoria contínua e a participação dos colaboradores e fornecedores no sistema de gestão. Nesse momento, a qualidade passa a ser vista com a finalidade de atender as expectativas dos clientes. (BATALHA, 2008).

Entre as décadas de 70 e 80 uma onda de empresas em busca do aprimoramento da qualidade fez surgir programas, baseados no modelo Toyota, que visavam a eliminação de defeitos e a melhoria contínua. Esses programas disseminaram várias ferramentas que são utilizadas até os dias de hoje, como: *brainstorming*, diagramas de Pareto, diagramas de causa e efeito, controle estatístico do processo entre outras (BALDAM, 2007).

Para Lins (1993), a cultura da qualidade tem como um de seus objetivos fazer com que se trabalhe muito mais com dados do que com o *feeling* dos profissionais. Nesse sentido,

as ferramentas da qualidade são apresentadas como solução para a correta coleta, organização e análise dos dados.

### 3.3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Para Batalha (2008), as ferramentas da qualidade são técnicas utilizadas para análise, controle e solução de problemas, foram estruturadas a partir da década de 20, quando Shewart desenvolveu os gráficos de controle de processo. Existem sete ferramentas básicas da qualidade, sendo elas:

- Diagrama de causa e efeito;
- Diagrama de dispersão/correlação;
- Fluxograma;
- Folha de verificação;
- Gráfico de controle;
- Gráfico de Pareto;
- Histograma.

#### 3.3.1 Diagrama de Causa e Efeito

O diagrama de causa e efeito é também conhecido como Diagrama de Ishikawa ou “espinha de peixe”, por seu formato gráfico. É uma ferramenta utilizada para demonstrar a relação entre o problema e suas possíveis causas (BATALHA, 2008).

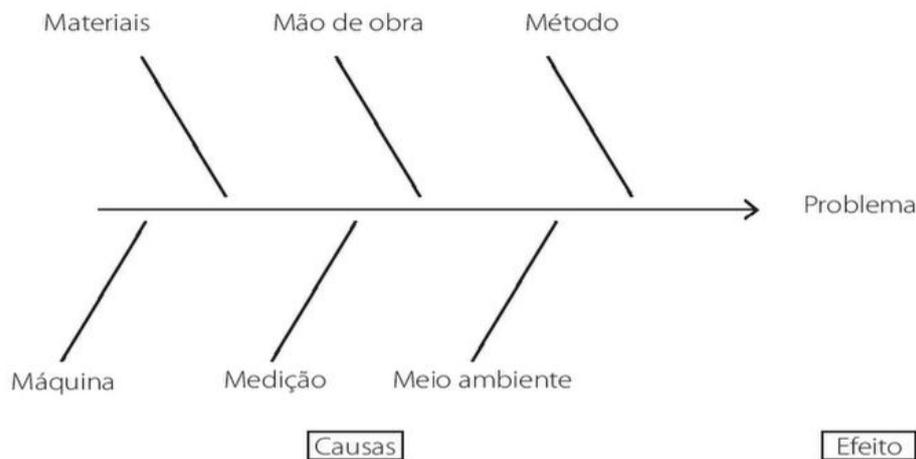
O objetivo dessa ferramenta é utilizar o *brainstorming* para gerar as causas do problema estudado, classificando-as em um dos seis grupos básicos: materiais, mão de obra, método, máquina, medição e meio ambiente. Sendo que, o diagrama estará pronto quando todas as causas conhecidas estiverem registradas (ROTONDARO, 2002). A Figura 3 apresenta um modelo de Diagrama de Causa e Efeito.

O diagrama de causa e efeito pode ser elaborado segundo os seguintes passos:

- Determinar o problema;
- Levantar, através do *brainstorming*, as possíveis causas e registrá-las;
- Construir o diagrama agrupando as causas em um dos seis grupos básicos;

- Analisar o diagrama a fim de identificar a necessidade de aprofundamento em alguma das causas apontadas.

Figura 3: Diagrama de causa e efeito.



Fonte: BARROS; BONAFINI, (2008, p. 40).

### 3.3.2 Diagrama de Dispersão e Correlação

O diagrama de dispersão é um gráfico utilizado para mostrar a possível correlação entre duas variáveis qualquer. Para Brassard et al (2002), os diagramas de correlação devem ser utilizados para classificar sistematicamente as relações de causa e efeito para todos os problemas, direcionando as ações para que sejam eficazes na causa, solucionando assim o problema como um todo.

Segundo Duarte (2011), o grau de correlação entre duas variáveis pode ser medido através do coeficiente “r”, o qual, mede a força de associação linear entre duas variáveis e é definido pela seguinte fórmula:

$$r = \frac{\sum(x_i - x)(y_i - y)}{\sqrt{(\sum(x_i - x)^2)(\sum(y_i - y)^2)}}$$

Os valores de “r” deverão satisfazer a seguinte condição:  $-1 \leq r \leq +1$ , onde a correlação pode ser classificada em:

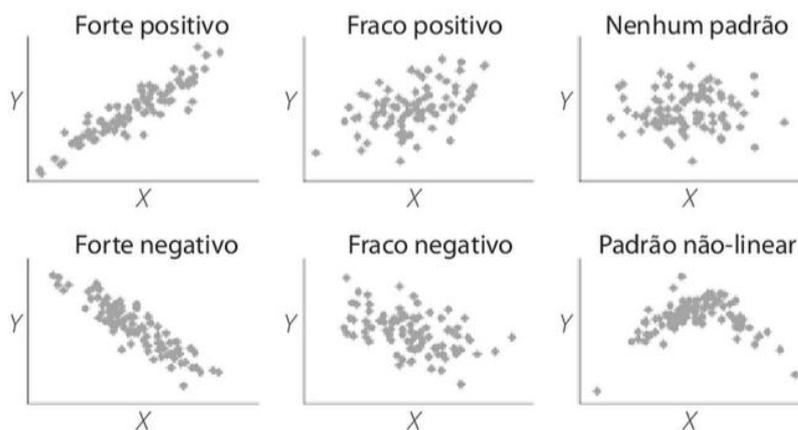
- $0 \leq r \leq +1$ : correlação linear positiva;
- $r = 1$ : correlação perfeitamente positiva;

- $-1 \leq r \leq 0$ : correlação linear negativa;
- $r = -1$ : correção perfeitamente negativa;
- $r = 0$ : correlação nula.

A análise do relacionamento entre as variáveis também pode ser feita através da concentração e formato dos pontos, que pode ser: forte positivo, fraco positivo, forte negativo, fraco negativo, padrão não linear ou nenhum padrão (DOANE E SEWARD, 2008).

Conforme demonstra a Figura 4, a concentração indica se é forte ou fraco e o formato indica se é positivo, negativo ou padrão não-linear. Além disso, pode ainda, não se encaixar em nenhum dos padrões mencionados (DOANE E SEWARD, 2008).

Figura 4: Modelos de gráfico de dispersão.



Fonte: Doane e Seward (2008, p.86).

### 3.3.3 Fluxograma

O fluxograma é a ferramenta na qual se descreve graficamente a sequência e a interação entre os processos, utilizando-se símbolos padronizados, os quais, são apresentados na Figura 5 (BARROS; BONAFINI, 2014). A grande vantagem do fluxograma é propiciar uma visão completa do sistema e a delimitação de cada etapa.

Segundo Lins (1993), um processo combina equipamentos, pessoas, métodos e insumos com a finalidade de gerar um produto ou serviço pré-estabelecido. Nesse sentido, o fluxograma descreve o sequenciamento do processo passo a passo, sendo uma ferramenta de análise e apresentação gráfica do processo.

Figura 5: Símbolos e significados para fluxograma.

Símbolo	Significado
	Armazenagem
	Sentido de fluxo
	Conexão
	Limites (início, pare, fim)
	Operação
	Movimento/transporte
	Ponto de decisão
	Inspeção
	Documento impresso
	Espera

Fonte: BARROS; BONAFINI (2014, p. 56).

### 3.3.4 Folha de Verificação

A folha de verificação consiste em formulários, eletrônicos ou impressos, utilizados para coleta de dados relacionados a um determinado evento. Os dados devem ser coletados de maneira ordenada e uniforme para permitir uma rápida interpretação dos resultados. Conforme pode ser observado na Figura 6, a ferramenta permite a verificação e acompanhamento de uma variável a ser controlada por um determinado período (MIGUEL, 2001).

Figura 6: Exemplo de uma folha de verificação.

TIPO DE DEFEITO	FREQUÊNCIA	SOMA
<b>A</b>	<b>III III</b>	<b>08</b>
<b>B</b>	<b>III III III III III III III I</b>	<b>36</b>
<b>C</b>	<b>III</b>	<b>03</b>
<b>D</b>	<b>III III II</b>	<b>12</b>
<b>E</b>	<b>III III III</b>	<b>15</b>
<b>F</b>	<b>III III III III II</b>	<b>22</b>
<b>SOMATÓRIO</b>		<b>99</b>

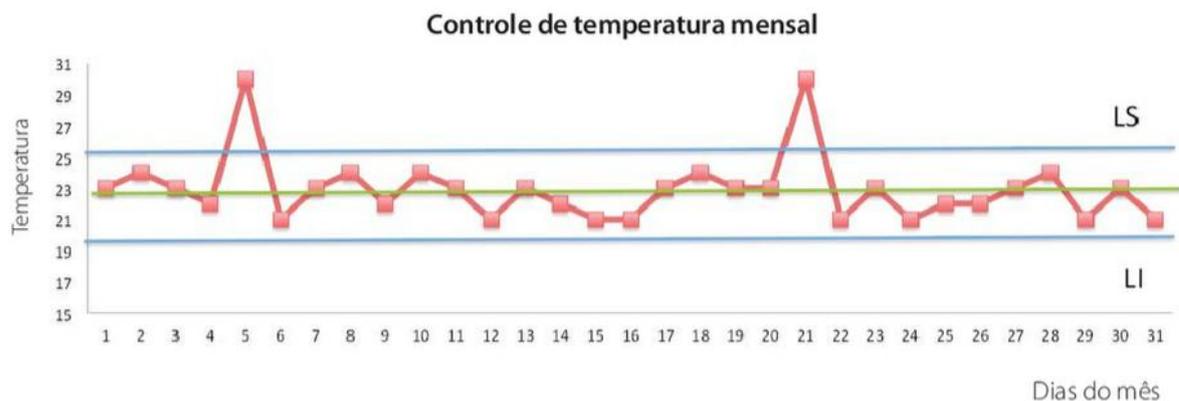
Fonte: Miguel (2001).

### 3.3.5 Gráfico de Controle

Os gráficos ou cartas de controle são ferramentas que permitem a análise de variabilidade dos dados medidos de um processo em relação a limites estabelecidos, conforme pode ser observado no exemplo apresentado na Figura 7. Identificam se os dados se encontram dentro dos limites estabelecidos, ou se possuem desvios que devem ser verificados (BARROS; BONAFINI, 2014).

Para Brassard et al (2002) servem para monitorar e controlar variáveis e atributos de um processo ao longo de um determinado tempo, estudando as variações apresentadas e suas causas.

Figura 7: Exemplo de gráfico de controle.



Fonte: BARROS; BONAFINI (2014, p. 60).

### 3.3.6 Gráfico de Pareto

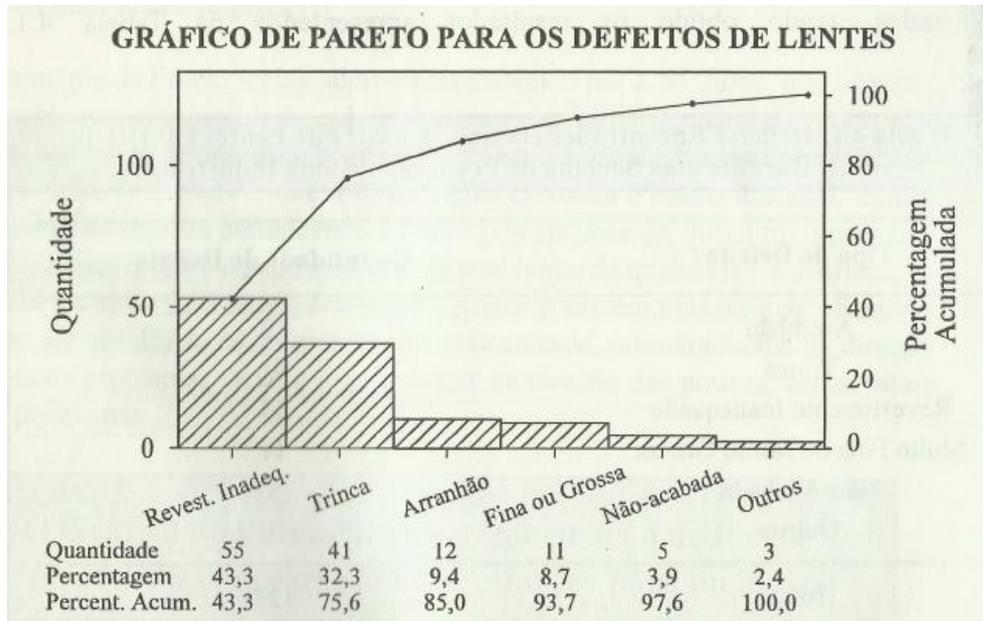
O princípio de Pareto foi desenvolvido por Joseph Juran em 1950, baseando-se na chamada “Teoria das Elites” desenvolvida pelo sociólogo e economista Vilfredo Pareto (CARPINETTI, 2010).

Segundo Werkema (1995), o princípio de Pareto mostra que 80% dos problemas de qualidade resultam de, aproximadamente, 20% das causas potenciais. A Figura 8 exemplifica a aplicação do gráfico de Pareto para defeitos de lentes.

As causas identificadas são quantificadas de acordo com sua contribuição com o problema e ordenadas decrescentemente. Os dados são organizados em um gráfico no formato

do gráfico de barras onde é possível identificar o percentual de impacto das causas no problema (LINS, 1993).

Figura 8: Exemplo de Gráfico de Pareto.



Fonte: Werkema (1995, p. 66).

### 3.3.7 Histograma

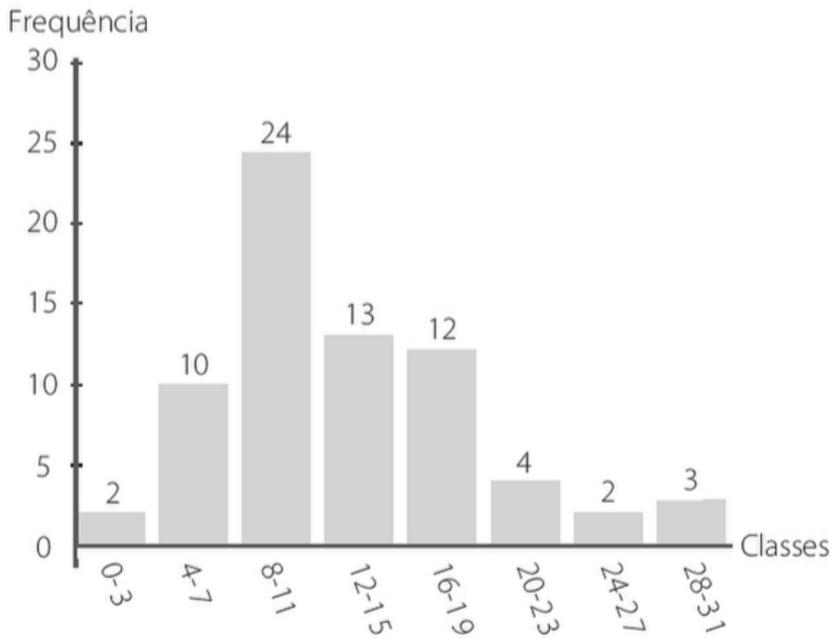
O histograma é uma ferramenta estatística que possibilita a visualização dos dados através de um gráfico de barras em que demonstra a frequência com que um dado surge em determinado grupo (MIGUEL, 2001).

Para Brassard et al (2002), essa ferramenta facilita a análise de uma grande quantidade de dados coletados durante um certo tempo, auxiliando no entendimento abrangente de um problema.

Segundo Werkema (1995), além da visualização da distribuição do conjunto de dados, o histograma também facilita a percepção da localização do valor central e da dispersão dos dados em torno desta variável.

A Figura 9 exemplifica a aplicação do histograma em um determinado grupo de dados.

Figura 9: Exemplo de Histograma.



Fonte: Mello (2011, p. 91).

### 3.4 O SISTEMA SEIS SIGMA

O sistema seis Sigma surgiu na década de 1980 na Motorola através de estudos da área de engenharia a respeito do conceito Deming sobre variação de processo. Com a evolução dos estudos e o apoio da diretoria da empresa, o Seis Sigma surgiu como metodologia de melhoria contínua da qualidade e dos negócios, tornando-se a forma de trabalho da Motorola (ECKES, 2001).

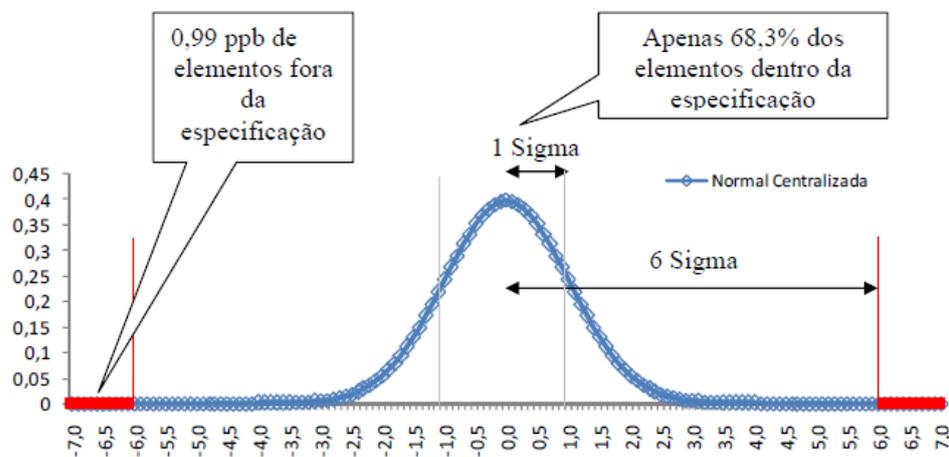
O sistema é proposto para todas as atividades dentro de uma indústria, buscando soluções e ações para melhoria contínua. A metodologia é estruturada com foco no cliente e no produto, valorizando a qualidade através da melhoria contínua dos processos produtivos (ROTONDARO, 2002).

Para Brito (2008), o seis Sigma é considerada uma estratégia gerencial com foco na variação do resultado que chega até o consumidor. O que diferencia de outros programas de melhoria é a premissa da tomada de decisão baseada em fatos e dados e não na *expertise* individual. Ainda segundo Werkema (2002) o sistema Seis Sigma não cria algo novo, apenas utiliza ferramentas já conhecidas da qualidade para eliminação de defeitos. Seu diferencial está na sua abordagem e forma de implantação, fatores que justificam seu sucesso.

A terminologia Seis Sigma, no aspecto estatístico, pode ser entendida como a medida do desvio padrão de um processo. Para Werkema (2002) um valor alto de desvio padrão indica baixa uniformidade do processo, se o valor de desvio padrão for baixo, indica muita uniformidade no processo, ou seja, pouca variação entre os resultados gerados.

Segundo Donadel (2008), o Seis Sigma deriva da representação da variabilidade de um processo, ou adequação do processo a uma especificação. A letra Sigma é o que representa o desvio padrão de uma distribuição, conforme pode ser observado na Figura 10 que apresenta um gráfico estatístico representativo do Seis Sigma.

Figura 10: Exemplo de gráfico estatístico representativo do Seis Sigma.



Fonte: Donadel (2008, p. 44).

A Figura 10, de uma maneira geral, indica que uma parcela de duas partes por bilhão está fora da especificação, no entanto, a própria metodologia seis Sigma valida que os processos não são obrigatoriamente centralizados, e que sua média varia em torno de 1,5 sigma, para mais ou para menos. Desta forma, recalculando, o valor da expressão seis Sigma representa 99,999966% de eficiência em qualquer processo, ou 3,4 erros por milhão (DONADEL, 2008).

### 3.5 O MÉTODO DMAIC

O método Medir, Analisar, Melhorar (*Improve*) e Controlar (MAIC), foi desenvolvido na Motorola na década de 1980 e surgiu como uma ferramenta para reduzir variações nos processos produtivos, como uma evolução no ciclo Planejar, Desenvolver, Controlar e Agir (PDCA). Posteriormente foi adotado pela empresa General Eletric (GE) e acrescida a etapa Definir, tornando-se DMAIC, sendo que, o processo passou a ser fundamental dentro dessas empresas (ROTONDARO, 2002).

O método consiste no levantamento de dados para seleção de projetos, coleta de dados reais e determinação do desempenho atual da organização sobre o aspecto estudado. Determinação das causas dos problemas, utilizando ferramentas da qualidade para análise de causas, implantação de melhorias nos processos e consolidação e manutenção das melhorias e resultados obtidos, levando a estabilidade do processo (ROTONDARO, 2002).

Diversas ferramentas são utilizadas no método DMAIC, sendo que, essas são integradas as fases Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar, constituindo um método sistemático e disciplinado (BATALHA ET AL, 2008).

A Figura 11, descreve as cinco etapas do método DMAIC e seus objetivos:

Figura 11: As etapas do método DMAIC e seus objetivos.

Etapa	Ação	Objetivos
<i>Define</i> (Definir)	Descrever o problema e avaliar seu impacto sobre os clientes, estratégia e resultados financeiros da empresa; Selecionar projetos que serão utilizados na busca de solução dos problemas; Definir as metas que devem ser alcançadas.	Definir o escopo do projeto: importância, equipe, cronograma...
<i>Measure</i> (Medir)	Definir quais as características do projeto que deverão ser monitoradas, de que forma os dados serão obtidos e registrados e quais as especificações do projeto.	Determinar o foco do problema, verificar a confiabilidade dos dados e coletar dados.
<i>Analyze</i> (Analisar)	Analisar os dados e os processos envolvidos; Determinar as causas que contribuem para o baixo desempenho do processo.	Analisar o processo para determinar as causas potenciais do problema.
<i>Improve</i> (Aperfeiçoar)	Gerar ideias a respeito das soluções potenciais para a eliminação das causas dos problemas detectados na etapa anterior. Testar estas soluções a fim de verificar se a solução escolhida pode ser implementada em larga escala.	Identificar e avaliar as soluções prioritárias e aperfeiçoá-las.
<i>Control</i> (Controlar)	Aplicar a solução da quarta etapa em larga escala e controlar o desempenho do processo ao longo do tempo; Padronizar as alterações realizadas no processo com a adoção das soluções; Definir um plano de ações corretivas caso surjam problemas no processo.	Garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo e padronizar as alterações.

### 3.5.1 Principais Ferramentas Utilizadas no Método DMAIC

#### 3.5.1.1 Matriz VOC

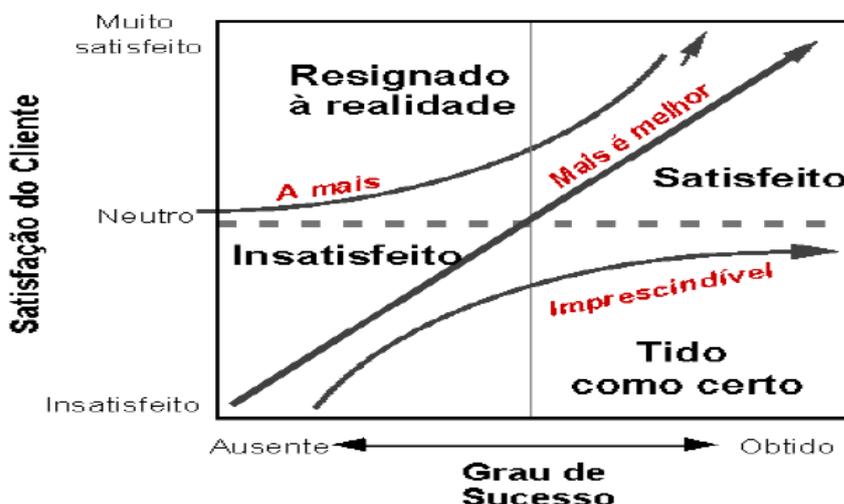
Segundo Werkema (2004), a voz do cliente é um conjunto de dados que representa as expectativas e necessidades do cliente em relação aos produtos ou serviços da empresa. Sendo que, essas informações são muito importantes pois serão traduzidas nas Características Críticas para a Qualidade (CTQ).

Os CTQ são as características críticas para qualidade de um produto ou serviço que influencia a decisão de compra de um cliente, por exemplo a conformidade ou o desempenho do produto.

A análise da VOC pode ser realizada através do diagrama de KANO, Figura 12, que pode ser:

- VOC reativa: características imprescindíveis – onde devem se concentrar os primeiros esforços;
- VOC reativa e pró-ativa: questões que são levantadas e discutidas pelos clientes – “mais é melhor”;
- VOC pró-ativa: características geralmente ausentes, não gerando insatisfação nos clientes – “a mais”.

Figura 12: Diagrama de KANO.

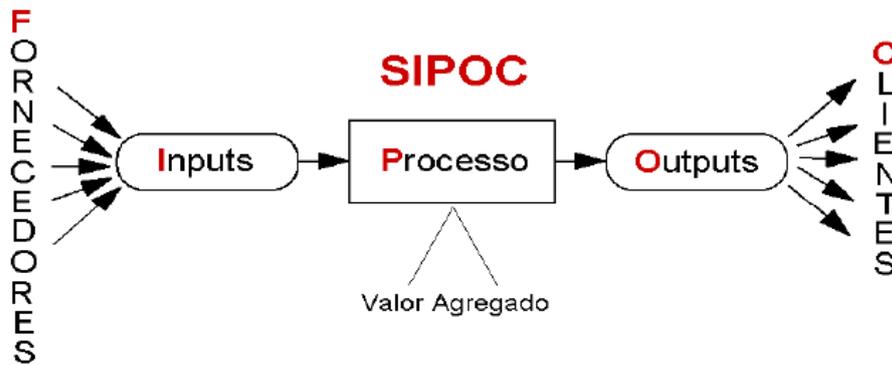


### 3.5.1.2 Diagrama de SIPOC

O Diagrama de *Suppliers, Inputs, Process, Outputs e Customers* (SIPOC) é uma ferramenta utilizada para melhor descrever os processos e suas interações com fornecedores e clientes. O diagrama descreve a dinâmica de trabalho dos processos onde ocorrem entradas de materiais entregues pelos fornecedores. Os mesmos são transformados nos processos fabris e são entregues como saída para os clientes ou consumidores (BRITO, 2008).

A figura 13 apresenta um modelo para o desenvolvimento de um diagrama de SIPOC.

Figura 13: Diagrama SIPOC.

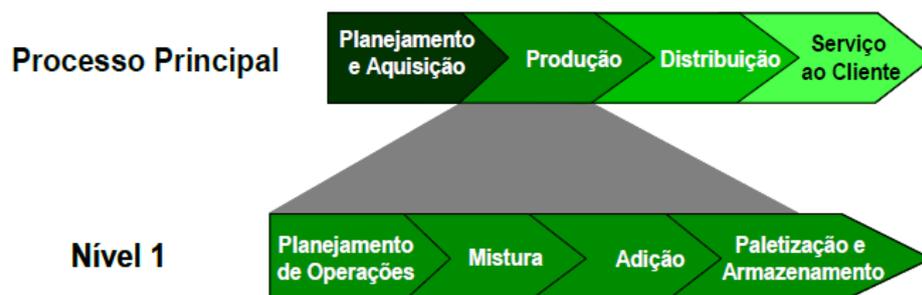


Fonte: Setec (2006).

### 3.5.1.3 Diagrama de Serpente

O diagrama de serpente é utilizado para descrever e identificar os limites de um projeto. Conforme modelo demonstrado na figura 14, cada conjunto de dados são processos principais ou subprocessos e o diagrama ajuda a entender de que forma estão inter-relacionados (BRITO, 2008).

Figura 14: Exemplo Diagrama de Serpente.



Fonte: Setec (2006).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido e conduzido para verificar o consumo de água em cada etapa do processo produtivo da linha de retornáveis da indústria de bebidas e, através da aplicação da metodologia proposta, propor soluções para a redução do consumo de água.

Foram realizados levantamentos dos históricos com a compilação dos dados dos hidrômetros de medição de água para os diversos pontos que alimentam a linha de produção. O objetivo era a verificação da evolução do consumo de água e do indicador de consumo de água em relação ao volume de bebidas produzido na linha de retornáveis, no primeiro semestre de 2018.

Em sequência, foram aplicadas as ferramentas do método DMAIC em todas as suas etapas.

### 4.1 LOCAL DO ESTUDO

O trabalho foi desenvolvido em uma indústria de bebidas carbonatadas não alcoólicas localizada na região da grande Florianópolis. A empresa possui cinco linhas de produção além dos setores de armazém, distribuição, equipamentos de mercado, frota, manutenção e áreas de apoio. Emprega em torno de 500 colaboradores diretos e 50 colaboradores terceirizados.

A indústria de bebidas é certificada nas normas ISO9001:2015, ISO14001:2015, OHSAS18001:2007 e FSSC22000:2017, possui um sistema de gestão integrado com uma equipe dedicada a melhoria contínua, através de projetos de melhoria, garantindo uma base de *know-how* e documentação necessária para o desenvolvimento deste trabalho.

O projeto para redução do consumo de água na linha de retornáveis na indústria de bebidas, foi realizado por uma equipe multidisciplinar composta por oito integrantes das diversas áreas (produção, qualidade, estação de tratamento de água, manutenção, segurança de alimentos, sistema de gestão integrado e meio ambiente).

## 4.2 ETAPAS DO DMAIC

### 4.2.1 Etapa Definir

A primeira ferramenta utilizada na etapa Definir foi a Matriz Voz do Cliente VOC, figura 15, na qual foram definidos quais os indicadores do projeto, quem são os clientes e qual é a meta de redução de água.

Figura 15: Modelo de matriz VOC.

Cliente	VOC	Kano	CTQ	Indicador Y	Meta

Fonte: Indústria de bebidas, 2018.

Em seguida, foi utilizado o Diagrama de Serpente e o *Suppliers, Inputs, Process, Outputs e Customers* SIPOC. Essas ferramentas são importantes para entender o funcionamento da produção, onde um processo começa e termina e em que ponto os processos se relacionam entre si.

O SIPOC, conforme modelo da figura 16, também foi uma ferramenta importante para identificar os pontos onde é utilizado água. Foram analisados os processos desde a entrada da garrafa retornada do mercado, através do armazém, até a saída do produto acabado novamente seguindo para o armazém.

Figura 16: Modelo de SIPOC.

<i>Fornecedores</i> Suppliers	<i>Entradas</i> Inputs	<i>Processo</i> Process	<i>Saídas</i> Outputs	<i>Clientes</i> Clients

Fonte: Autora, 2018.

Outra ferramenta utilizada para entendimento do processo foi o Diagrama de Serpentes, conforme modelo da figura 17. Foram definidos os processos principais e subprocessos e também foi analisada a inter-relação entre esses. A linha de produção de

retornáveis, foi estratificada no diagrama de serpentes através dos equipamentos consumidores de água.

Figura 17: Modelo do diagrama de serpente.



Fonte: Autora, 2018.

A Carta do Projeto ou Formulário de Planejamento do Projeto é outra importante ferramenta utilizada na etapa Definir.

Essa ferramenta documenta todos os dados do projeto, podendo ser incluído até mesmo o cronograma de realização. Nela são descritas as informações relevantes, tais como: a área de atuação do projeto, a definição do problema, os integrantes da equipe, a meta, os indicadores, os limites do projeto e as informações dos gestores da área atestando a ciência e apoio ao projeto que está sendo desenvolvido.

Fato esse que vem diretamente de encontro ao que preconiza a ISO 14.001:2015 a qual destaca a importância do engajamento e comprometimento da alta direção com o sistema de gestão.

Além disso, na carta de projeto está definida a descrição do problema, conforme pode ser observado na figura 18.

Figura 18: Modelo de carta do projeto.

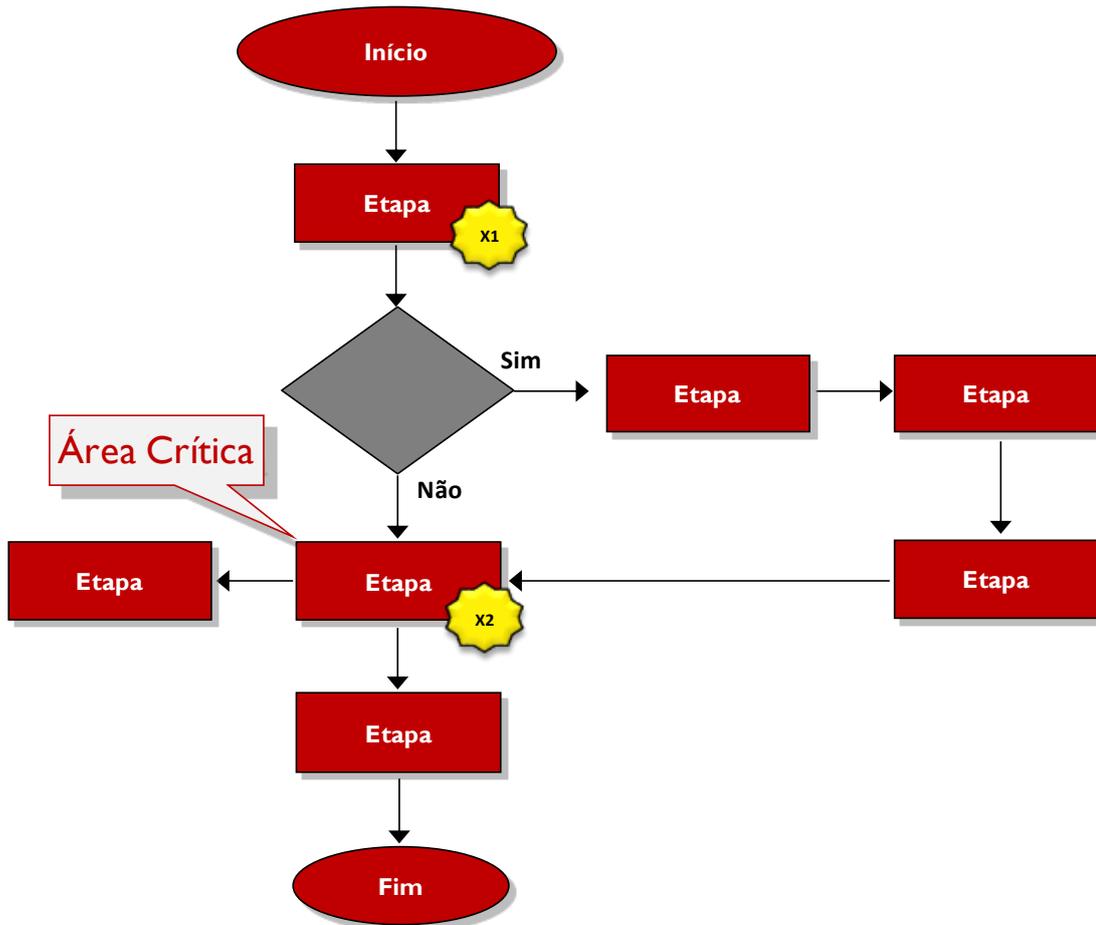
<b>Carta do Projeto</b>			
<b>Diretoria</b>	<b>Gerência:</b>	<b>Área da Atuação/Problem</b>	
<b>Título do Projeto:</b>		<b>Objetivo Resumido:</b>	
<b>Descrição do Problema (Quantitativa, sempre que possível):</b>			
<b>Avalie quais são os Principais Clientes do Projeto e quais são os Fatores Críticos para a Qualidade (CTQ) para o mesmo:</b>			
<b>Oportunidades de Negócio/Objetivo:</b>			
<b>Indicador Principal para o sucesso do projeto e indicadores complementares:</b>			
<b>Limites do Projeto (O que Inclui e Exclui):</b>			
<i>Entregáveis:</i>			
<i>Premissas:</i>			
<i>Restrições:</i>			
<i>Exclusões:</i>			
<b>Benefícios financeiros esperados (Validar os cálculos com o financeiro):</b>			
<b>Informações sobre a Equipe</b>			
<b>Sponsor:</b>	<b>Gerente Área</b>	<b>Líder do Projeto</b>	
<b>Membros:</b>			
<b>Nome</b>	<b>Área/Gerência</b>	<b>Cargo</b>	<b>% Dedicção ao Projeto</b>
<b>Observações:</b>			<b>Período:</b>
			<b>Início:</b>
			<b>Fim prev.</b>
<b>Assinaturas:</b>			
(Líder do Projeto)	(Champion)	(Sponsor)	

Fonte: Indústria de bebidas, 2018.

#### 4.2.2 Etapa Medir

Esta é a etapa quantitativa do trabalho, onde através de um plano específico foram realizadas as coletas dos dados que embasaram as tomadas de decisões nas próximas etapas. A primeira ferramenta utilizada nesta etapa foi o Fluxograma do processo (figura 19).

Figura 19: Modelo de fluxograma do processo produtivo.



Fonte: Autores, 2018.

O Fluxograma apresenta cada etapa do processo produtivo e o levantamento foi realizado *in loco*.

As etapas apresentadas no fluxograma são aquelas onde existe consumo de água, sendo que, as mais significativas foram destacadas com o símbolo . Todos os itens destacados foram analisados na ferramenta Matriz de Causa e Efeito, Tabela 1, onde foi avaliada a correlação do item com o indicador de água. Esta avaliação foi realizada utilizando-

se a pontuação de 0, 1, 3 e 5, sendo 0 para o que indica menor correlação e 5 para maior correlação.

A partir desse processo foram selecionadas oito etapas para serem inseridas no plano de coleta de dados.

Tabela 1: Modelo de matriz de causa e efeito.

Etapas do Fluxo	Características do processo (X's)		Características da Qualidade (Y's) (Importância dos Y's)	
			Y1 - Indicador de Água	Total
	X	Variáveis	<i>Importância da correlação (0, 1, 3, 5)</i>	
Etapa 1	X <sub>1</sub>	Variável 1	0	0
Etapa 2	X <sub>2</sub>	Variável 2	5	25
Etapa 3	X <sub>3</sub>	Variável 3	3	15
Etapa 4	X <sub>4</sub>	Variável 4	1	5
Etapa 5	X <sub>5</sub>	Variável 5	5	25

Fonte: Autora, 2018.

As variáveis identificadas através da ferramenta Matriz de Causa e Efeito foram relacionadas no Plano de Coleta de Dados, modelo apresentado na Tabela 2, que é um planejamento para realização da coleta de dados quantitativos que auxiliará no entendimento dos maiores consumidores na linha de produção.

As informações constantes no plano são: a variável em estudo, unidade de medida, qual etapa do processo se encontra, frequência de medição, tempo de realização, responsável pela ação, como será mensurado e de que forma será registrado.

Tabela 2: Modelo de plano de coleta de dados.

Nº	X	Unidade de medida	Onde (Etapa do Processo)	Quanto (Frequência)	Por quanto tempo	Quem (Responsável)	Como	Como Registrar
1	X <sub>1</sub>							
2	X <sub>2</sub>							
3	X <sub>3</sub>							
4	X <sub>4</sub>							
5	X <sub>5</sub>							

Fonte: Autora, 2018.

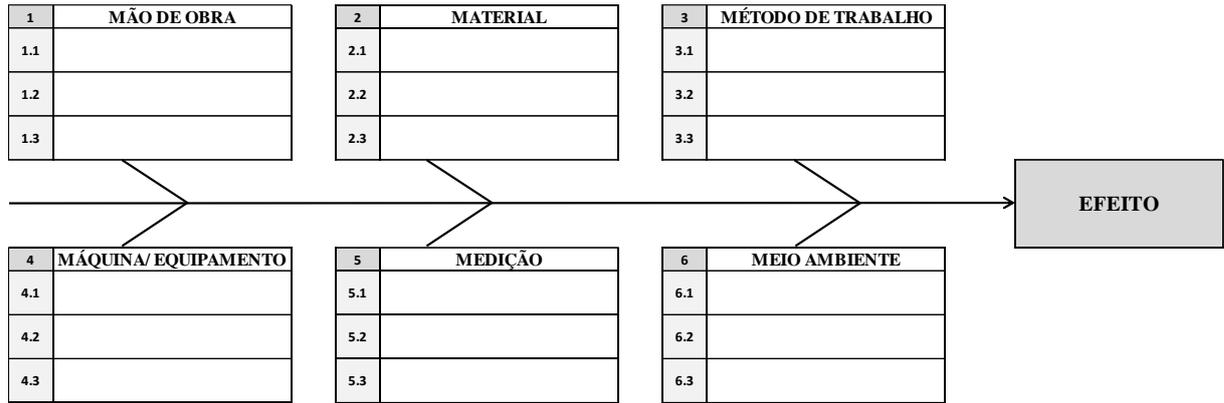
Após a definição, planejamento e o efetivo levantamento de dados conforme plano de coleta, os dados foram compilados possibilitando o cálculo de capacidade de processo através da definição do nível Sigma do processo. O programa Minitab, software desenvolvido no ano de 1972 voltado para fins estatísticos, foi utilizado para realizar os cálculos e gráficos.

### 4.2.3 Etapa Analisar

As ferramentas utilizadas nessa etapa tiveram o objetivo de analisar os processos elencados baseado nos dados coletados e, com isso, buscar as causas raízes do elevado consumo de água no processo.

Os itens para análise foram divididos em dois grandes grupos: lavadoras, para análise dos elementos que envolvem a lavadora de garrafas e a lavadora de caixas, e periféricos, que corresponde a todos os outros pontos. A figura 20 apresenta o modelo de diagrama de Ishikawa utilizado.

Figura 20: Modelo de diagrama de Ishikawa.



Fonte: Autora, 2018.

Para alguns itens analisados, os quais a causa raiz não foi identificada através do Diagrama de Ishikawa, foi utilizada a ferramenta 5 Porquês, conforme modelo da figura 21.

Figura 21: Modelo de análise 5 Porquês.

Causa à Analisar	1º Porque	Validado	2º Porque	Validado	3º Porque	Validado	4º Porque	Validado	5º Porque	Validado

Fonte: Autora, 2018.

Para o sucesso de qualquer trabalho de melhoria a precisão das ações é uma etapa fundamental, os esforços devem ser organizados e coordenados para que se atinja a finalidade proposta (GEMPAR, 2018).

Nesse sentido, foi realizada uma priorização das causas levantadas através da ferramenta Matriz de priorização, Tabela 3, onde foram atribuídas notas de 0, 1, 3 e 5 para as causas, onde 0 significa pouco impactante no consumo de água e 5 muito impactante no consumo de água.

A partir dos dados da matriz de priorização foram criados, com o auxílio do software de análises estatísticas Minitab, gráficos de Pareto para seleção das causas que foram trabalhadas na etapa de melhoria.

Tabela 3: Modelo de matriz de priorização, periféricos.

Cabeça do Ishikawa	Participantes								Pontuação
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Causa 01									
Causa 02									
Causa 03									
Causa 04									
Causa 05									

Fontes: Autora, 2018.

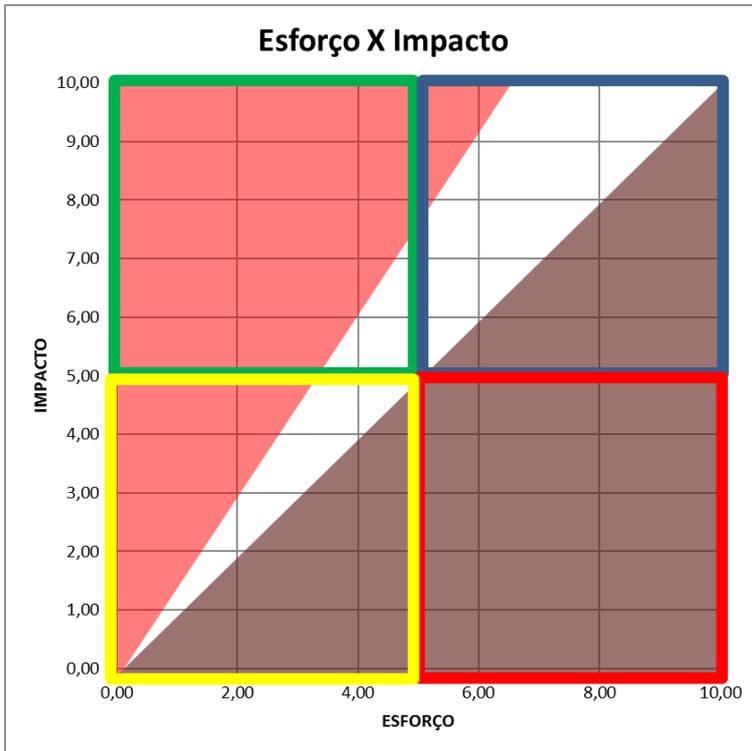
Por fim, a etapa analisar foi finalizada com a validação das causas identificadas e priorizadas, que foi realizada através de vídeos, fotos, análises de relatórios e entrevistas com os colaboradores da linha de produção.

#### 4.2.4 Etapa Melhorar

Esta etapa está diretamente ligada com a criação e aplicação das ações de melhoria para a redução direta do consumo de água, que é o objetivo final de todo trabalho.

Para o desenvolvimento das ações foi realizado um *Brainstorming*, ou chuva de ideias, em busca de soluções para as causas identificadas na etapa analisar. As ações apontadas foram analisadas através da ferramenta Matriz de Esforço *versus* Impacto, representada na Tabela 4, a qual avalia o esforço para realização da ação e o impacto que causará no indicador de consumo de água. Para melhor visualização e definição das ações que serão executadas, os dados foram analisados graficamente, conforme modelo da figura 22.

Figura 22: Modelo gráfico da matriz de esforço versus impacto.



Fonte: Autora, 2018.

Tabela 4: Modelo da tabela matriz esforço versus impacto.

CAUSA	AÇÃO	IMPACTO				ESFORÇO			
		Impacto positivo no KPI	Redução de Custos (kR\$)	Elimina atividades que	Total - Benefícios	Complexidade	Investimento de Capital	Risco	Total - Esforços
	<b>PESO</b>	0,6	0,2	0,2	<b>1</b>	0,5	0,25	0,25	<b>1</b>

Fonte: Autora, 2018.

A partir da classificação feita na matriz de esforço e impacto, as ações a serem realizadas foram planejadas e inseridas no plano de ações, Tabela 5, o qual serviu para definição de prazos e responsável e também para o acompanhamento do desenvolvimento das ações.

Tabela 5: Modelo de plano de ação.

Nº.	Causa raiz	Ação ("o que")	Responsável ("quem")	Início	Término	Status
1						
2						
3						

Fonte: Autora, 2018.

#### 4.2.5 Etapa Controlar

Nesta fase, as ações de melhoria já foram implantadas, porém, é importante que sejam criados mecanismos para garantir que os novos procedimentos e as modificações no processo sejam mantidos e, caso ocorra algum desvio, esse seja tratado de imediato, evitando que um desvio pontual se torne um retrocesso no processo.

A ferramenta que fundamenta essa etapa é o *Process Management Control System* (PMCS), ou Sistema de Controle do Gerenciamento do Processo, conforme modelo da figura 23.



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A apresentação dos resultados será dividida pelas fases do DMAIC, mostrando todas as ações e resultados referentes a cada etapa, conforme já vem sendo apresentado ao longo da metodologia.

### 5.1 DEFINIR

Nessa etapa a realização do trabalho foi direcionada para a linha de produção de retornáveis, pois a mesma foi identificada como geradora do maior impacto no consumo global da indústria de bebidas.

Para esse entendimento, foi realizada análise histórica dos consumos desta indústria nos últimos 12 meses e constatado que a linha de produção de retornáveis consome 20% do volume total de água da indústria de bebidas. Em contrapartida, produz mensalmente 16% do volume de bebidas.

Além disso, foi constatado que o processo de lavagem de garrafas na linha de retornáveis consome 30% a mais de água do que o mesmo processo nas outras três linhas de produção de não retornáveis juntas. Isso acontece devido ao complexo processo de lavagem de garrafas, que ocorre de forma mais simplificada nas linhas de produção de não retornáveis.

Dado o direcionamento ao trabalho de redução no consumo de água, foram aplicadas as ferramentas de acordo com a metodologia DMAIC. A primeira ferramenta utilizada foi a Matriz Voz do Cliente, apresentada na figura 24.

O cliente identificado é o setor de manufatura. A voz do cliente foi definida como a redução no consumo de água. O kano indica que quanto maior for a redução no consumo de água melhor. O fator crítico de qualidade (CTQ) está relacionado com o desempenho da linha, que será medido através do indicador. O indicador Y é o índice definido pela divisão entre o volume de água utilizada e o volume de bebidas produzido. Por fim, para meta do projeto definiu-se a redução de 10,5% no indicador de água da linha de produção de retornáveis.

Figura 24: Matriz Voz do Cliente de uma indústria de bebidas, março/2018.

Cliente	VOC	Kano	CTQ	Indicador Y	Meta
Manufatura	Redução consumo de água: Linha 1	Quanto mais, melhor	Desempenho	Litros de água / Litros de bebida	Redução de 10,5% no indicador

Fonte: Autora, 2018.

Outras duas ferramentas aplicadas na etapa Definir foram o Diagrama de Serpente e o SIPOC. O diagrama de serpente, conforme apresentado na figura 25, demonstra que a linha de produção de retornáveis está localizada no processo de produção. Sendo que, o subprocesso relacionado é denominado “Linhas” e engloba as cinco linhas de produção da indústria de bebidas. Dentro do subprocesso “Linhas”, a linha de produção de retornáveis é identificada como “Linha 1”. O último grupo de dados do diagrama demonstra os subprocessos da própria linha de retornáveis que impactam no consumo de água da linha.

Figura 25: Diagrama de Serpente de uma indústria de bebidas, março/2018.



Fonte: Autora, 2018.

O diagrama SIPOC, apresentado na figura 26, descreve quais são os fornecedores, as entradas, as saídas e os clientes de cada subprocesso da linha de produção de retornáveis identificado no diagrama de serpente. Além disso, acrescenta mais um processo, a régua ultrassônica, o qual foi identificado como consumidor de água na linha de produção.

Figura 26: SIPOC da linha de produção de uma indústria de bebidas, março/2018.

<i>Fornecedores</i>	<i>Entradas</i>	<i>Processo</i>	<i>Saídas</i>	<i>Clientes</i>
<b>Suppliers</b>	<b>Inputs</b>	<b>Process</b>	<b>Outputs</b>	<b>Clients</b>
UO ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	GARRAFA NÃO LAVADA ÁGUA TRATADA	TRANSPORTE DE GARRAFAS	GARRAFAS NÃO LAVADA	DESCAPSULADOR
ALMOXARIFADO UO	ÁGUA SEMI-TRATADA		RESÍDUOS	RECICLAGEM
MERCADO LIVRE RH	LUBRIFICANTE DE ESTEIRA CAIXA ENERGIA ELÉTRICA MÃO DE OBRA		ÁGUA RESIDUÁRIA	ETE
TRANSPORTE DE GARRAFAS ETA	GARRAFA NÃO LAVADA ÁGUA TRATADA	DESCAPSULADOR	GARRAFA NÃO LAVADA	LAVADORA
ALMOXARIFADO RH	CARBONATO DE SÓDIO ÁGUA SEMI-TRATADA MÃO DE OBRA		ÁGUA RESIDUÁRIA	ETE
MERCADO LIVRE ETA	ENERGIA ELÉTRICA		RESÍDUOS	RECICLAGEM
DESCAPSULADOR ETA	GARRAFA NÃO LAVADA ÁGUA SEMI-TRATADA	LAVADORA/ LAVADORA DE CAIXAS	GARRAFA LAVADA	ENCHEDORA
ALMOX UTILIDADES	SODA/ADITIVO ÁGUA RECUPERADA VAPOR		ÁGUA RESIDUÁRIA	ETE
UO MERCADO LIVRE RH	CAIXA NÃO LAVADA ENERGIA ELÉTRICA MÃO DE OBRA		CAIXA LAVADA	ENCAIXOTADORA
LAVADORA RH	GARRAFA LAVADA MÃO DE OBRA		RESÍDUOS	RECICLAGEM
ALMOX ALMOX ETA ALMOX	CO2 NITROGÊNIO ÁGUA TRATADA ROLHAS	ENCHEDORA	PRODUTO ACABADO	RÉGUA ULTRASSÔNICA
MERCADO LIVRE XAROPARIA	ENERGIA ELÉTRICA BEBIDA		ÁGUA RESIDUÁRIA	ETE
MERCADO LIVRE ETA ENCHEDORA	ENERGIA ELÉTRICA ÁGUA TRATADA PRODUTO ACABADO		RESÍDUOS	RECICLAGEM
RÉGUA ULTRASSÔNICA RH	PRODUTO ACABADO MÃO DE OBRA	RÉGUA ULTRASSÔNICA	PRODUTO ACABADO	BANHO DE FUNDO
ETA	ÁGUA SEMI-TRATADA		ÁGUA RESIDUÁRIA	ETE
ETA	ÁGUA SEMI-TRATADA	BANHO DE FUNDO	PRODUTO ACABADO	ARMAZEM (UO)
			ÁGUA RESIDUÁRIA	ETE

Fonte: Autora, 2018.

O principal objetivo dessas ferramentas é o entendimento do local onde o processo está alocado em relação a indústria de bebidas como um todo e a especificação de cada etapa do processo produtivo da linha de retornáveis, com foco para as etapas onde a água entra como matéria-prima ou é uma saída, como água residuária.

A Carta do Projeto, figura 27, é a ferramenta que finaliza a etapa Definir, nesse documento estão descritos todos os detalhes do trabalho de redução no consumo de água desde a definição do problema até a meta definida. Esse é um documento executivo, apresenta uma visão geral do trabalho, do objetivo e da meta final.

Figura 27: Carta do Projeto de uma indústria de bebidas, março/2018.

<b>Carta do Projeto</b>					
<b>Diretoria:</b> Manufatura	<b>Gerência:</b> Planta	<b>Área da Atuação/Problema</b>		Indústria	
<b>Título do Projeto:</b> Redução do consumo de água da Linha 01.			<b>Objetivo Resumido:</b> Redução do consumo de água.		
<b>Descrição do Problema (Quantitativa, sempre que possível):</b> Avaliando o consumo da linha de retornáveis em relação as linhas de PEI fica evidente que a mesma tem um consumo maior de água no processo. Em virtude do aumento de demanda de produção de retornáveis - Linha 1 (acrécimo de 01 turma em março e mais 01 turma em junho) o consumo de água aumentou, impactando diretamente o indicador global da fábrica.					
<b>Principais Clientes do Projeto e os Fatores Críticos para a Qualidade (CTQ) para o mesmo:</b> Principal cliente do projeto: Manufatura CTQ: Desempenho (Litros de água / Litros de bebida)					
<b>Oportunidades de Negócio/Objetivo:</b> Estabelecer indicadores e metas que relacionem o consumo de água com a produção de bebida e com o subprodutos do Identificar os GAPs em cada etapa do processo produtivo; Atuar nos principais consumidores de água;					
<b>Indicador Principal para o sucesso do projeto e indicadores complementares:</b> Indicador principal: litros de água/litros de bebidas (Linha 01).					
<b>Limites do Projeto (O que Inclui e Exclui):</b> <b>Entregáveis:</b> Reduzir em 10,5% o indicador de água por litro de bebidas de Fev/18 a Set/18. <b>Premissas:</b> Utilização da medição setorizada instalada em fev/2018. <b>Restrições:</b> Não temos recursos (capex) para investimentos. <b>Exclusões:</b> Não entram neste projeto o consumo de água da ETE, sopro, linha de produção 2, 3, 4 e BIB, refeitório e UO.					
<b>Informações sobre a Equipe</b>					
<b>Sponsor:</b> Gerente da indústria	<b>Gerente Área:</b> Gerente de Manufatura	<b>Líder do Projeto:</b>		Líder	
<b>Membros:</b>	<b>Nome</b>	<b>Área/Gerência</b>	<b>Cargo</b>	<b>% Dedicção ao Projeto</b>	
	Membro 1	Qualidade	Coord. SGI	15%	
	Membro 2	Meio Ambiente	Analista	15%	
	Membro 3	Controle de Qualidade	Supervisor	15%	
	Membro 4	Produção	Supervisor	10%	
	Membro 5	Manutenção	Chefe Manut.	10%	
	Membro 6	Qualidade	Técnico	10%	
	Membro 7	Seg. de Alimentos	Analista	10%	
	Membro 8	Manutenção	Coordenador	10%	
<b>Observações:</b>				<b>Período:</b>	
				<b>Início:</b>	fev/18
				<b>Fim prev.:</b>	set/18

Fonte: Autora, 2018.

## 5.2 MEDIR

A etapa Medir é realizada para entender todos os processos e subprocessos de fabricação, conforme pode-se observar no fluxograma da figura 28, e como estes impactam no consumo de água da linha de produção de retornáveis.

Além disso, é a etapa onde os dados quantitativos foram recolhidos os quais deixaram claro quais as etapas onde deve ser focada a atuação do trabalho de redução do consumo de água, para obter o resultado esperado.

Através do fluxograma de mapeamento, foram identificadas 10 etapas do processo produtivo onde é utilizado água. Essas 10 etapas foram analisadas na ferramenta Matriz de Causa e Efeito, onde foi mapeado o nível de correlação entre o consumo de água de cada etapa com o consumo de água global da linha de produção de retornáveis.

Entre as 10 etapas mapeadas, duas foram descartadas, por demonstrarem baixa correlação com o consumo de água global da linha, sendo elas: *spray* molha garrafas e as válvulas de lubrificação da enchedora.

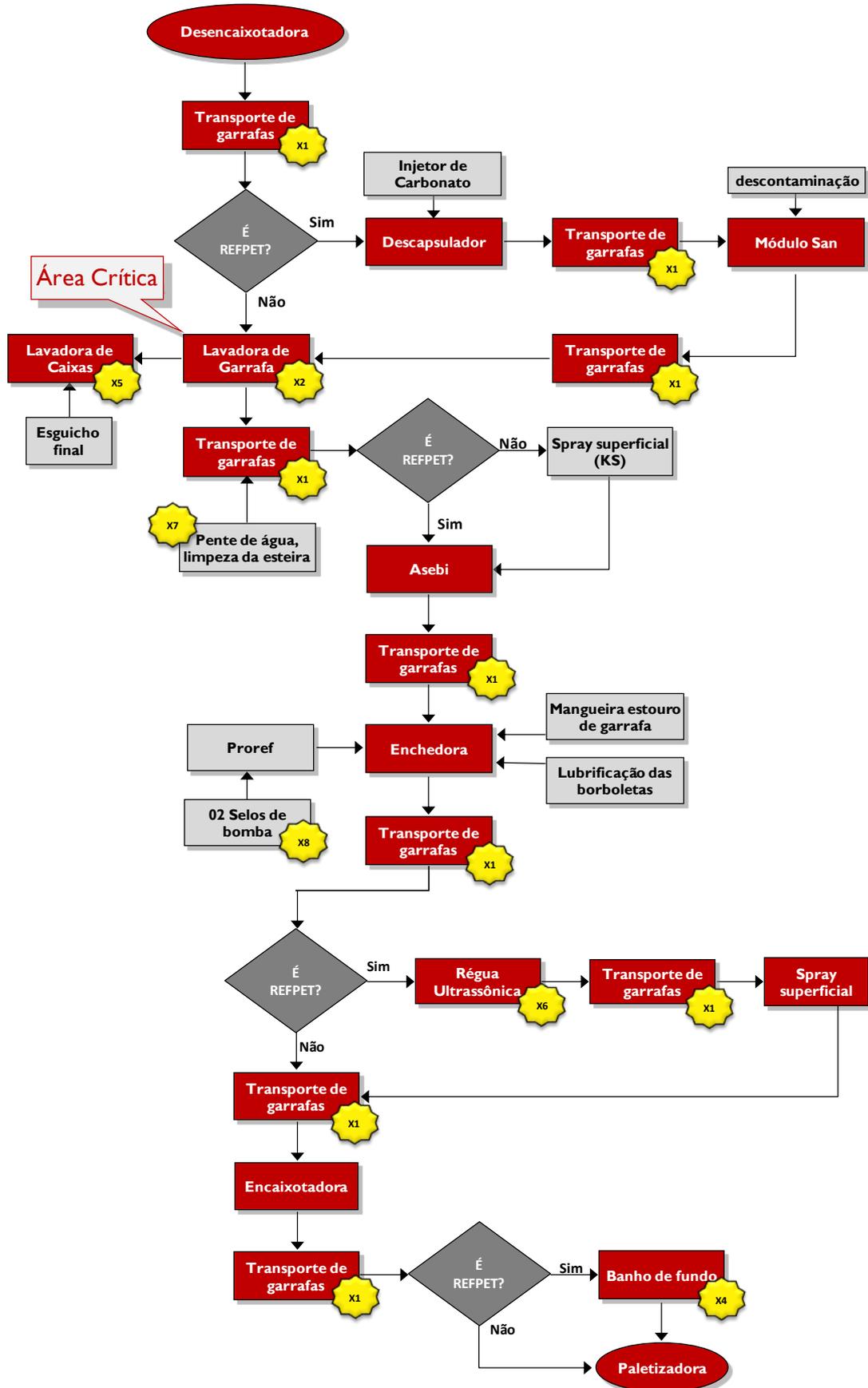
As oito etapas restantes foram: lubrificação esteira; lavadora de garrafa; mangueiras limpeza externa; lavador fundo de garrafa; lavadora de caixas; régua ultrassônica; pente limpeza esteira; selo de bomba pro-ref. As quais foram priorizadas e mapeadas no plano de coleta de dados, sendo assim, confirmados os consumos de água de cada etapa.

No fluxograma apresentado na figura 28, as oito etapas priorizadas estão identificadas com o símbolo , sendo que, foram numerados da seguinte forma: X1 - Lubrificação esteira; X2 - Lavadora de garrafa; X3 - Mangueiras limpeza externa; X4 - Lavador fundo de garrafa; X5 - Lavadora de caixas; X6 - Régua ultrassônica; X7 - Pente limpeza esteira; X8 - Selo de bomba pro-ref.

Onde o X1 - Lubrificação esteira, corresponde as etapas de transporte de garrafas, indicadas no fluxograma. E o X3 - Mangueiras limpeza externa, não estão indicadas no fluxograma, pois, não fazem parte de nenhuma etapa específica da linha, mas são apoios da linha de produção.

A etapa lavadora de garrafas está identificada no fluxograma como área crítica pois foi a etapa da linha de produção de retornáveis onde se identificou o maior consumo de água entre todos os processos.

Figura 28: Fluxograma do processo produtivo de uma indústria de bebidas, abril/2018.



Fonte: Autora, 2018.

### 5.3 ANALISAR

Os oito processos de maior impacto detectados na etapa Medir foram divididos em dois grupos para facilitar e especificar da melhor forma a análise, sendo eles: Lavadoras (composto pela lavadora de garrafas e pela lavadora de caixas) e Periféricos (demais equipamentos e etapas da linha de produção de retornáveis).

Para o grupo Lavadoras, foi aplicada a ferramenta Diagrama de Ishikawa e foram identificadas 13 causas. A tabela 6, apresenta todas as causas identificadas.

Tabela 6: Causas identificadas para elevado consumo de água - Lavadoras, junho/2018.

<b>Causas</b>	
1	Canecos não utilizados na produção de garrafas RefPet (esguichos continuam ligados para todos).
2	Recorrentes problemas no diafragma do esguicho final da lavadora de garrafas.
3	Elevada pressão dos esguichos de enxágue final na lavadora de caixas.
4	Garrafas muito sujas, rótulos danificados, garrafas danificadas.
5	Utilização do volume excessivo de água para volumes menores (290ml).
6	Falta de bloqueio para operação em vazio na lavadora de caixas.
7	Falha na definição da necessidade de utilização da lavadora de caixas.
8	Falha na pré-classificação de garrafas (tipos de garrafas).
9	Pressão no esguicho final acima do limite desejável na lavadora de garrafas.
10	Descarte de garrafas que apresentaram problemas de qualidade do produto e não da embalagem.
11	Falha na remoção de garrafas com defeito no início do processo.
12	Desajuste dos parâmetros do inspetor gerando retorno de garrafas boas.
13	Ineficiência do extrator de canudos.

Fonte: Autora, 2018.

Entre as causas identificadas, duas necessitaram da aplicação da ferramenta Cinco Porquês para identificar a causa raiz do problema, conforme figura 29.

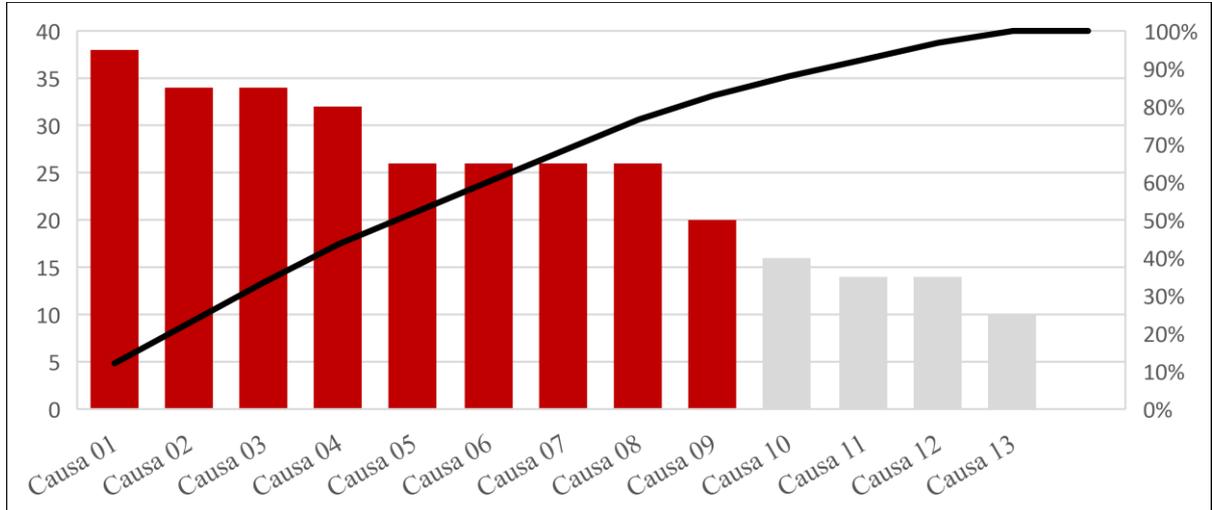
Figura 29: Análise Cinco Porquês - Lavadoras, junho/2018.

Causa à Analisar	1º Porque	Validado	2º Porque	Validado	3º Porque	Validado	4º Porque	Validado
Recorrentes problemas no diafragma do esguicho final da lavadora de garrafas.	Golpe de aríete provocado pelo retorno de água ocasionado pelo funcionamento dos esguichos finais da lavadora de garrafas.	OK	Falta de alívio de pressão na rede.	OK	Válvula de alívio de pressão removida.	OK	Falta de conhecimento da funcionalidade da válvula na migração do layout da linha.	OK
Garrafas muito sujas, rótulos danificados, garrafas danificadas.	Parque de vasilhames muito antigo.	OK	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autora, 2018.

Todas as causas identificadas foram avaliadas através da ferramenta Matriz de Priorização, e após serem definidas as pontuações para cada causa, foram analisadas graficamente através do gráfico de Pareto, gráfico 1. As causas que foram priorizadas para validação são aquelas que, segundo indicado pelo gráfico de Pareto, representam 80% do percentual de consumo de água. Com isso, do grupo Lavadoras serão priorizadas nove causas. Sendo que, são aquelas identificadas na cor vermelha no gráfico de Pareto, gráfico 1.

Gráfico 1: Gráfico de Pareto Lavadoras, junho/2018.



Fonte: Autora, 2018.

A validação das causas foi realizada através de verificações *in loco*, filmagens e fotografia dos processos diretamente na linha de produção de retornáveis. Diante disso, algumas causas que foram levantadas no Diagrama de Ishikawa não foram confirmadas, finalizando a etapa Analisar para o grupo Lavadoras com quatro causas validadas, que serão trabalhadas na etapa Melhorar. Sendo elas: Canecos não utilizados na produção de RefPet (esguichos continuam ligados para todos) lavadora de garrafas; Recorrentes problemas no diafragma do

esguicho final da lavadora de garrafas; Elevada pressão dos esguichos de enxágue final na lavadora de caixas; Garrafas muito sujas, rótulos danificados, garrafas danificadas.

O grupo Periféricos abrange os demais processos da linha de produção de retornáveis. A ferramenta Diagrama de Ishikawa foi utilizada e foram identificadas 17 causas, sendo que, através da utilização da ferramenta Matriz de Priorização, 16 causas foram priorizadas. A tabela 7 apresenta todas as causas identificadas para o grupo Periféricos.

Tabela 7: Causas identificadas para elevado consumo de água - Periféricos, junho/2018.

Causas	
1	Falta de bloqueio para operação em vazio do banho de fundo de garrafas.
2	Falta de regulagem da pressão de água no pente de limpeza da esteira.
3	Esteiras desgastadas.
4	Desligamento do solenoide de intertravamento e temporização da lubrificação.
5	Excesso de utilização das mangueiras durante a produção.
6	Falha na definição da necessidade de utilização do banho de fundo de garrafas.
7	Falha no bloqueio da água de resfriamento do selo de bomba quando a bomba está parada.
8	Violação do diâmetro de saída do bico dosador da lubrificação.
9	Desordenamento na limpeza da linha.
10	Falha na direção dos esguichos do banho de fundo de garrafas.
11	Mangueiras velhas e danificadas.
12	Vazamentos nas conexões e em pontos diversos das mangueiras.
13	Baixa pressão em alguns pontos da rede de limpeza.
14	Falta de registro na ponta das mangueiras.
15	Falta de procedimento operacional para ajustes da lubrificação das esteiras.
16	Falha na regulagem da pressão da rede de água para limpeza OPC.
17	Falta de procedimento que indique o correto alinhamento dos esguichos da régua ultrassônica.

Fonte: Autora, 2018.

Entre as 17 causas levantadas, para uma delas, causa 08, foi utilizada a ferramenta Cinco Porquês, para que se identificasse a causa raiz do problema. Conforme apresentado na figura 30.

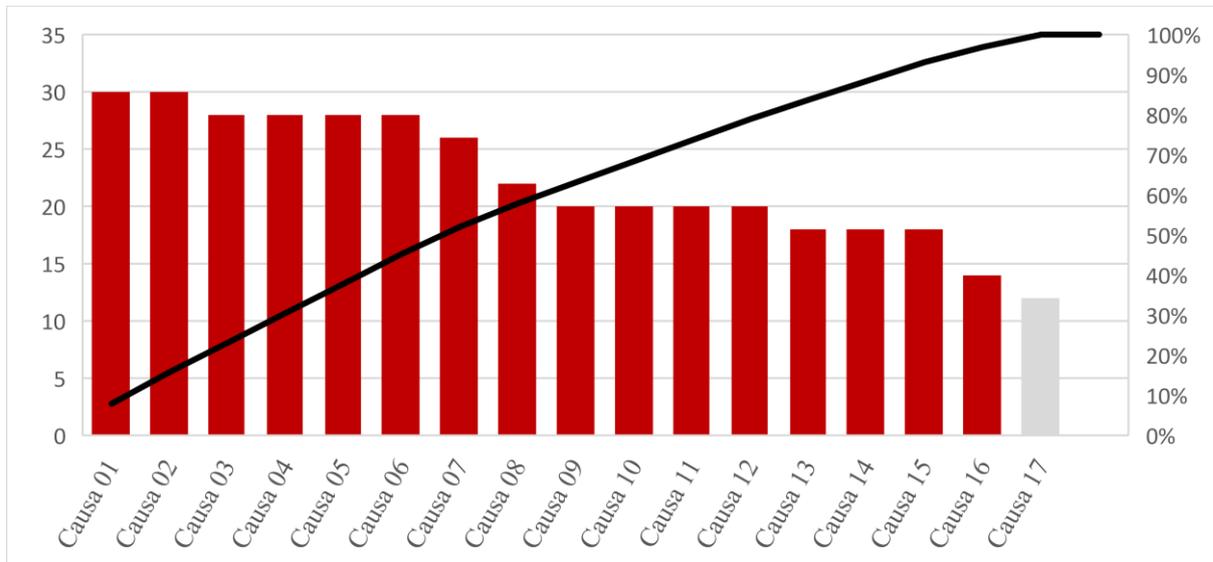
Figura 30: Análise Cinco Porquês - Periféricos, junho/2018.

Causa à Analisar	1º Porque	Validado	2º Porque	Validado	3º Porque	Validado
Violação do diâmetro de saída do bico dosador da lubrificação.	Para aumentar o volume de solução de lubrificante na esteira.	OK	Garrafas caindo em alguns trechos da esteira.	OK	Falta de ajuste no conjunto de transporte (esteira, perfil, guia e passagem).	OK

Fonte: Autora, 2018.

O gráfico 2, apresenta o gráfico de Pareto utilizada para priorização das causas, sendo que, a causa descartada foi a que apresentou pontuação abaixo de 14 pontos na Matriz de Priorização, e está destacada no gráfico na cor cinza.

Gráfico 2: Gráfico de Pareto Periféricos, junho/2018.



Fonte: Autora, 2018.

Entre as 16 causas priorizadas, 12 foram validadas através de fotos, filmagens da linha de produção, entrevistas com os colaboradores e verificações *in loco*, sendo assim, quatro causas foram descartadas após as validações.

A etapa Analisar para o grupo Periféricos finalizou com 12 causas, que serão trabalhadas na etapa Melhorar. Sendo elas: Falta de bloqueio para operação em vazio do banho de fundo de garrafas; Falta de regulagem da pressão de água no pente de limpeza da esteira; Esteiras desgastadas; Desligamento do solenoide de intertravamento e temporização da lubrificação; Excesso de utilização das mangueiras durante a produção; Falha na definição da necessidade de utilização do banho de fundo de garrafas; Falha no bloqueio da água de

resfriamento do selo de bomba quando a bomba está parada; Violação do diâmetro de saída do bico dosador da lubrificação; Desordenamento na limpeza da linha; Falha na direção dos esguichos do banho de fundo de garrafas; Mangueiras velhas e danificadas; Vazamentos nas conexões e em pontos diversos das mangueiras.

#### 5.4 MELHORAR

O objetivo da etapa Melhorar é analisar as causas identificadas, propor ações para solução das mesmas, priorizá-las relacionando o impacto gerado com o esforço dispendido para cada ação. E por fim, executar as ações propostas dentro dos prazos estabelecidos, sendo que, para cada causa pelo menos uma ação deve ser realizada.

Nesse sentido, foi realizado um *Brainstorming* e após serem validadas através da utilização da ferramenta Matriz de Esforço *versus* Impacto obteve-se um total de 23 ações, sendo 8 ações destinadas ao grupo Lavadoras e 15 ações destinadas a resolução das causas identificadas no grupo Periféricos. Conforme apresentado na Tabela 8, plano de ações.

Tabela 8: Plano de Ações, julho/2018.

Nº	CAUSA RAIZ	AÇÃO ("O QUE")	RESPONSÁVEL ("QUEM")	REALIZADO
1	Canecos não utilizados na produção de RefPet (esguichos continuam ligados para todos).	Instalar sistema de alimentação de água duplo na lavadora de garrafas para bloquear os esguichos não utilizados nas produções de RefPet.	Qualidade	jul/18
2	Canecos não utilizados na produção de RefPet (esguichos continuam ligados para todos).	Validar sistema de bloqueio dos esguichos finais nas produções de RefPet.	Qualidade	jul/18
3	Canecos não utilizados na produção de RefPet (esguichos continuam ligados para todos).	Criar procedimento para correta identificação dos registros de abre e fecha para novas linhas de alimentação de água da lavadora de garrafas.	Qualidade	jul/18
4	Canecos não utilizados na produção de RefPet (esguichos continuam ligados para todos).	Automatizar o programa da lavadora para que as válvulas estejam abertas/fechadas quando necessário.	Manutenção	ago/18
5	Recorrentes problemas no diafragma do esguicho final da lavadora de garrafas.	Instalar sistema de alívio de pressão na lavadora de garrafas.	Qualidade	jul/18
6	Elevada pressão dos esguichos de enxágue final na lavadora de caixas.	Instalar recuperação de água do esguicho final da lavadora de garrafas para o esguicho final da lavadora de caixas.	Produção	set/18
7	Garrafas muito sujas, rótulos danificados, garrafas danificadas.	Criar procedimento para identificação de garrafas sujas e com rótulos danificados antes da lavadora de garrafas.	Produção	jul/18

8	Garrafas muito sujas, rótulos danificados, garrafas danificadas.	Realizar treinamento com a equipe da operação para correta identificação das garrafas muito sujas e com rótulos danificados antes da lavadora de garrafas.	Produção	jul/18
9	Desligamento do solenoide de intertravamento e temporização da lubrificação.	Aumentar a setorização da lubrificação de esteiras.	Qualidade	jan/19
10	Falta de bloqueio para operação em vazio do banho de fundo de garrafas.	Automatizar sistema da lavadora fundo de garrafas para bloquear a água quando a esteira estiver parada.	Manutenção	ago/18
11	Falha na direção dos esguichos do banho de fundo de garrafas.	Avaliar quantidade de esguichos necessária e direção dos mesmos para manter a eficiência da limpeza de fundo de garrafas.	Qualidade	jul/18
12	Falha na direção dos esguichos do banho de fundo de garrafas.	Realizar adequação na lavadora do fundo de garrafas para reduzir a quantidade de bicos para o necessário e otimizar a limpeza com o posicionamento correto dos bicos.	Manutenção	ago/18
13	Falha no bloqueio da água de resfriamento do selo de bomba quando a bomba está parada.	Instalar solenoide para bloqueio da água de resfriamento do selo de bomba quando a bomba fica parada.	Manutenção	jul/18
14	Violação do diâmetro de saída do bico dosador da lubrificação.	Realizar treinamento com a equipe da operação sobre lubrificação de esteiras.	Produção	ago/18
15	Esteiras desgastadas.	Realizar a troca das esteiras desgastadas.	Manutenção	ago/18
16	Falta de regulagem da pressão de água no pente de limpeza da esteira.	Aumentar a pressão para reduzir o volume ao nível mínimo mantendo a eficiência de limpeza do pente de esteira.	Qualidade	ago/18
17	Desordenamento na limpeza da linha.	Realizar treinamento com a operação da linha de produção e controle de qualidade sobre a ordem correta de limpeza (SETUP seguido de CIP).	Produção / Qualidade	ago/18
18	Excesso de utilização das mangueiras durante a produção.	Fazer levantamento dos utensílios de limpeza necessários para a linha de produção.	Qualidade	jul/18
19	Excesso de utilização das mangueiras durante a produção.	Adquirir os utensílios de limpeza adequados para a linha de produção.	Manutenção	set/18
20	Excesso de utilização das mangueiras durante a produção.	Realizar treinamento com a equipe operacional sobre correta utilização dos utensílios de limpeza e conscientização sobre o consumo de água.	Produção / Qualidade	set/18
21	Mangueiras velhas e danificadas. Vazamentos nas conexões e em pontos diversos das mangueiras.	Buscar fornecedor de mangueiras mais adequadas para o tipo de utilização da linha de produção.	Qualidade	jul/18
22	Mangueiras velhas e danificadas. Vazamentos nas conexões e em pontos diversos das mangueiras.	Adquirir e instalar mangueiras conforme padrão mais adequado identificado.	Qualidade	set/18
23	Falha na definição da necessidade de utilização do banho de fundo de garrafas.	Criar procedimento operacional, realizar treinamento com toda operação e inserir treinamento na matriz de treinamento anual.	Qualidade	ago/18

Fonte: Autora, 2018.

A ação realizada que gerou maior ganho, maior impacto no consumo de água, foi o bloqueio dos bicos, da lavadora de garrafas, que operavam em vazio nas produções de RefPet. O novo sistema gerou uma economia de 30% no consumo de água na lavadora de garrafas, por hora trabalhada.

Além da água de bloqueio nos bicos, mencionada acima, foi instalado sistema de recuperação de água do esguicho final da lavadora de garrafas para o esguicho final da lavadora de caixas, eliminando assim um ponto de consumo de água.

Foram realizadas ainda, três ações voltadas para automação dos sistemas, para que os equipamentos utilizem água somente quando necessário e, em momentos de parada de linha, a alimentação de água permaneça desligada.

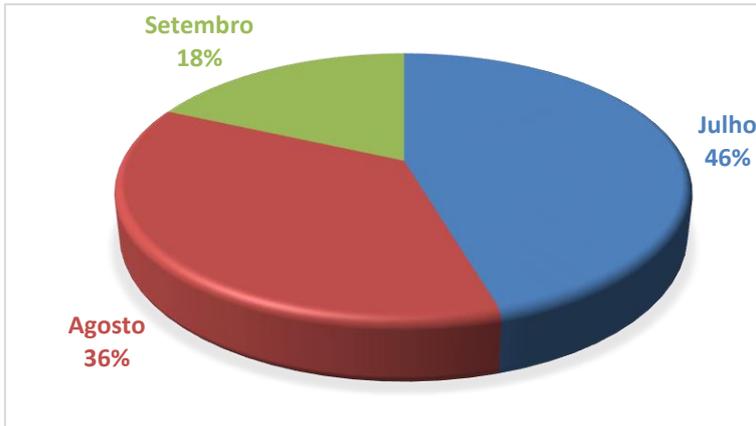
Em relação a condições dos equipamentos, foram realizadas ações para substituição das esteiras desgastadas e mangueiras danificadas. Os utensílios de limpeza foram adquiridos de forma tal que permitem que o colaborador utiliza extensores para os locais de difícil acesso, evitando o uso excessivo de mangueiras nas limpezas da linha de produção.

Quanto as questões operacionais, foram criados três procedimentos operacionais e realizados seis treinamentos com a equipe de operação, tanto produção quanto controle de qualidade, para garantir que os novos procedimentos sejam seguidos no dia a dia.

A execução das ações começou a ser realizada a partir de julho de 2018 até setembro de 2018. Nesse período, 22 ações foram finalizadas, dentro do prazo determinado para o projeto. Uma ação foi prorrogada até o mês de janeiro de 2019, devido a mudança no fornecedor de produtos químicos de lubrificação o que irá gerar uma alteração em toda rede de lubrificação de esteiras.

Conforme pode ser observado no Gráfico 3, a maior parte das ações, 46%, foram realizadas no mês de julho, 36% no mês de agosto e 18% mês de setembro que, conforme definido na Carta de Projeto, é o último mês do projeto de redução do consumo de água.

Gráfico 3: Percentual de ações realizadas por mês, outubro/2018.



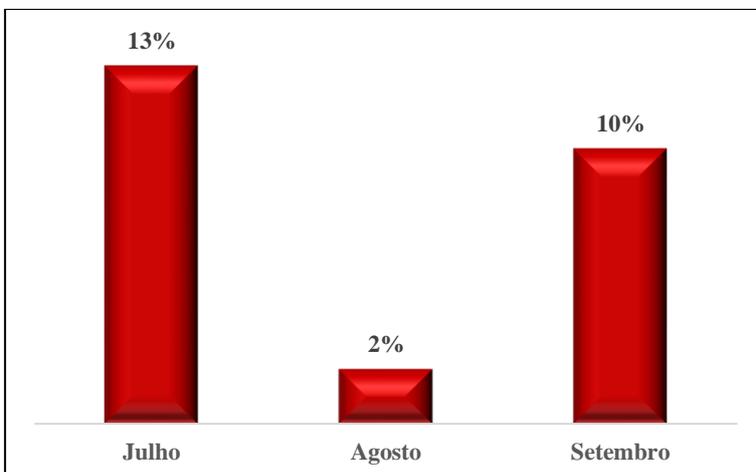
Fonte: Autora, 2018.

Pode-se observado no Gráfico 4 que, após o início da execução das ações no mês de julho, o indicador chegou a uma redução de 13% em relação ao valor inicial do trabalho, superando a meta de 10,5% estipulada.

Já no mês de agosto, o percentual de redução caiu para 2%, porém, o mês foi impactado com 12 dias de parada de linha para a reforma anual planejada pelo setor de manutenção e somente 13 dias de produção de embalagens plásticas retornáveis, conhecidas como Refpet (que produzem 2 litros de bebida por garrafa). O que impacta diretamente no volume de bebidas produzido na linha de produção de retornáveis.

O mês de setembro voltou a ter uma redução esperada no indicador de água fechando em 10%, 0,5% abaixo da meta esperada no trabalho, porém, em processo de recuperação em comparação ao mês anterior.

Gráfico 4: Percentual de redução do indicador ao longo dos meses, outubro/2018.



Fonte: Autora, 2018.

Com a queda no percentual de redução no indicador ocorrida em agosto, devido a parada de linha e ao menor volume de produção, pode-se perceber que o trabalho, ainda que robusto, não conseguiu atingir todas as causas de aumento no indicador e que existem algumas oportunidades que podem ser mapeadas em avaliações e/ou trabalhos futuros.

## 5.5 CONTROLAR

A etapa Controlar é destinada a manutenção das ações desenvolvidas e ao desenvolvimento de padrões e controles específicos, evitando que os ganhos conquistados com a etapa Melhorar se percam ao longo do tempo.

O *Process Management Control System* PMCS, ou Sistema de Controle do Gerenciamento do Processo, figura 32, é o documento gerado nesta etapa. Neste, são registrados todos os controles que serão realizados, o responsável, a forma de aquisição dos dados, além de ações de recuperação caso algum dos itens não esteja em conformidade com os valores esperados.

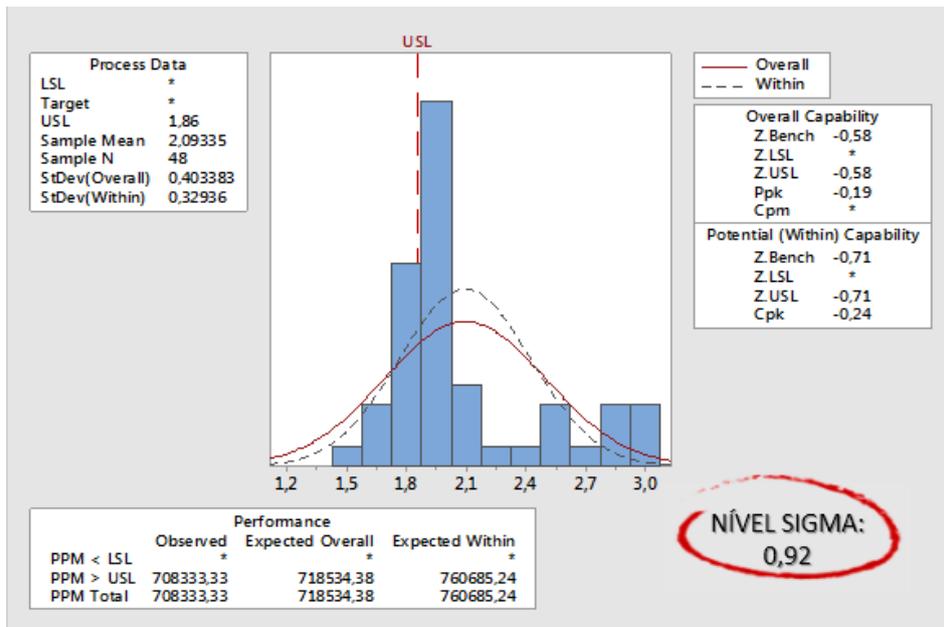
Além do indicador global da linha de retornáveis, medido em litros de água por litros de bebida produzida, foram criados mais dois indicadores para acompanhamento do processo, sendo eles: mililitros de água consumida na lavadora de garrafas, dividido por quantidade de garrafa lavada. E consumo, em litros, de água para lubrificação de esteira dividido pelo total de horas trabalhadas na linha de produção de retornáveis.

Ademais, foi definida uma carta de controle para monitoramento da pressão do esguicho final na lavadora de garrafas, conforme pode ser observado na figura 31. Os colaboradores do controle de qualidade devem realizar o monitoramento da pressão do esguicho final, a cada quatro horas, e registrar na planilha. Caso os valores medidos estejam fora da especificação determinada, o colaborador deverá ajustar de imediato corrigindo o erro identificado.



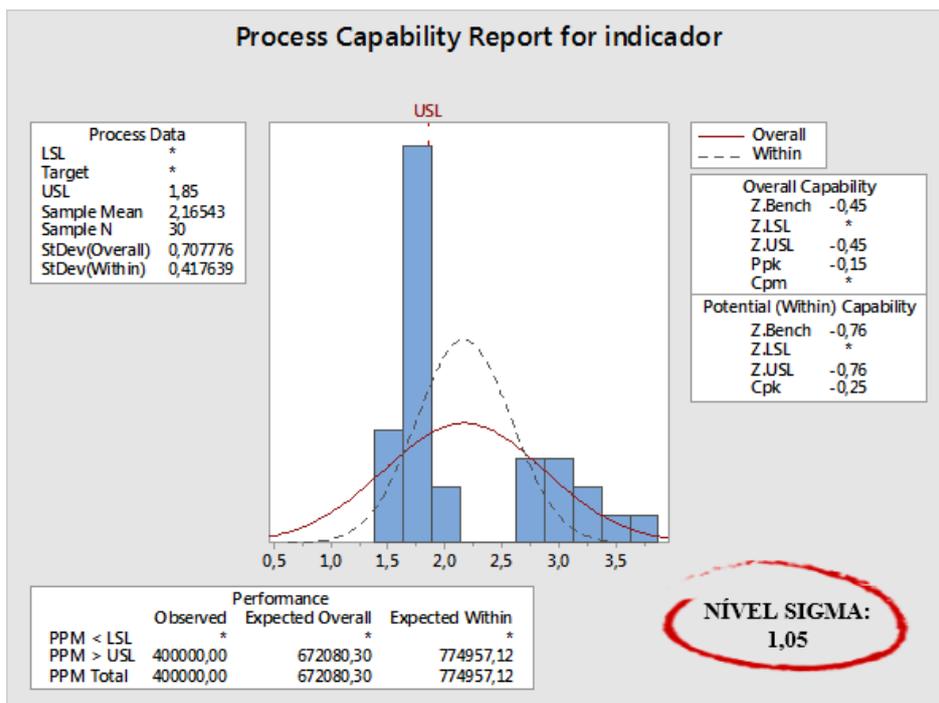
A última ferramenta utilizada nessa etapa foi o Cálculo do Nível Sigma do Processo, que passou de 0,92 no início do trabalho para 1,05 no mês de setembro. O que significa que houve uma redução na quantidade de defeitos por milhão de oportunidades e maior estabilidade do processo, conforme comparativo demonstrado nas figuras 33, início, e figura 34, final.

Figura 33: Capacidade do Processo, início do projeto, março/2018.



Fonte: Autora, 2018.

Figura 34: Capacidade do Processo, final do projeto, setembro/2018.



Fonte: Autora, 2018.

## 5.6 DMAIC versus PDCA

O Sistema de Gestão Ambiental da indústria de bebidas é fundamentado na NBR ISO 14001:2015, norma na qual a indústria é certificada. Além dos objetivos descritos na política ambiental da organização, a empresa possui 04 objetivos ambientais, sendo eles:

- Consumo de água (monitorado pelo indicador: litros de água consumida dividido por litros de bebida produzida);
- Consumo de energias (monitorado pelo indicador: somatórios das energias consumidas – energia elétrica, óleo combustível e gás combustível – em megajoule, dividido pelo volume de bebida produzida);
- Geração de resíduos (monitorado pelo indicador: gramas de resíduo gerada dividida pelo volume de bebida produzida);
- Percentual de reciclagem (monitorado através do indicador: percentual total de resíduos destinados para reciclagem ou reutilização).

Segundo Barbieri (2011) uma das premissas das empresas certificadas deve ser avaliar periodicamente seu sistema de gestão buscando oportunidades e realizando melhorias, e conforme descrito na revisão bibliográfica, o item 10.3 da norma NBR ISO 14001:2015, trata especificamente de Melhoria Contínua. Sendo que, a própria norma está montada de forma tal que seus requisitos estão encaixados nas etapas do ciclo de melhoria conhecido como ciclo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA).

Podemos fazer um paralelo entre o ciclo PDCA e a metodologia DMAIC, a qual foi ferramenta de estudo desse trabalho. A etapa *Plan* do PDCA pode ser entendida nas etapas Definir, Medir, Analisar e início da etapa Melhorar da metodologia DMAIC, onde uma oportunidade é identificada, seus dados são mensurados, analisados e soluções são propostas a fim de se estabelecer o planejamento de todo trabalho. A execução da etapa Melhorar do DMAIC pode ser encontrada na etapa *Do* do PDCA, onde todas as ações de melhoria propostas e validadas são executadas. A etapa Controlar do DMAIC está distribuída entre as etapas *Check* e *Act* do PDCA, sendo que a ferramenta PMCS é um compilado dessas duas etapas do PDCA pois ali estão descritas avaliações periódicas (através dos indicadores) e ações de melhoria caso algum dos pontos mapeados não estejam atendendo a especificação determinada.

Além do PDCA, outras ferramentas da qualidade foram utilizadas ao longo de todo trabalho, de uma maneira geral, a maior parte das ferramentas auxiliam a entender e analisar o problema e suas causas, direcionando as ações para a causa raiz e potencializando a efetividade e assertividade das ações desenvolvidas.

Além disso, as ferramentas da qualidade podem ser utilizadas no SGA não somente em projetos de melhoria como DMAIC, mas para análise e entendimento de não conformidades do dia a dia.

Segundo relatório publicado pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) em 2015, a versão da ISO 14001 de 2015, enfatiza que o fortalecimento do desempenho ambiental é um dos resultados esperados com a implementação do SGA, sendo dever das empresas demonstrar que obtiveram melhorias em seu sistema.

Sendo assim, analisando os resultados obtidos no projeto de redução no consumo de água da linha de retornáveis da indústria de bebidas, a metodologia DMAIC se mostra uma ferramenta que pode ser aplicada a oportunidades identificadas para melhoria dos indicadores e objetivos do SGA, auxiliando as organizações na busca pelo melhor desempenho ambiental e fortalecimento de seu SGA.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho propôs demonstrar a eficiência da utilização do método DMAIC para a redução do consumo de água da linha de produção de retornáveis em uma indústria de bebidas localizada na região da Grande Florianópolis.

O trabalho partiu da aplicação da metodologia Seis Sigma, através das ferramentas DMAIC, desdobrada nas fases definir, medir, analisar, melhorar e controlar. Em cada fase foram utilizadas as ferramentas mais adequadas, de acordo com a metodologia proposta. Através da aplicação do método DMAIC e das ferramentas da qualidade, foi possível determinar e quantificar as principais causas e os principais processos envolvidos no consumo de água da linha de produção, e propor melhorias para os mesmos.

A análise dos dados históricos e atuais de consumo da indústria de bebidas permitiu um entendimento do consumo de água como um todo, e corroborou para a garantia da assertividade da escolha da realização do trabalho na linha de retornáveis. Visto que, com essa análise ficou comprovado que o impacto desta linha no consumo global da fábrica é de 20% e que a mesma consome um volume maior de água, em comparação as linhas de embalagens não retornáveis.

Após avaliação dos dados de medição gerados, foram consideradas 08 etapas do processo produtivo para realização do trabalho. Um total de 30 causas foram determinadas para os problemas identificados, sendo que, após a priorização, análise e validação dessas causas levantadas, efetivamente foram trabalhadas somente 16.

As melhorias propostas para resolução dos problemas identificados totalizaram 23 ações. Posto isto, 22 ações foram finalizadas até o término do trabalho (setembro/2018) ficando apenas com uma pendência devido a mudanças organizacionais da empresa. A ação que gerou o maior ganho em economia de água foi realizada na lavadora de garrafas, equipamento que já havia sido identificado como crítico ainda na etapa de medição.

O trabalho revelou ainda que as ferramentas da qualidade utilizadas, como Diagrama de Ishikawa, Gráficos de Pareto, Fluxograma e Gráfico de Controle, são excelentes ferramentas para promover a melhoria de um processo, incluindo processos relacionados com indicadores ambientais, como o consumo de água, que foi o objeto de estudo.

A correlação entre o ciclo PDCA e o método DMAIC foi demonstrada entendendo como cada fase de uma ferramenta esta relacionada com a outra. Sendo que, a principal diferença entre os dois métodos é o desenvolvimento da etapa de planejamento, a qual, está desdobrada de forma mais detalhada no método DMAIC.

Os objetivos propostos no início do trabalho foram alcançados, e a aplicação do método demonstrou a redução esperada no consumo de água que, além de ser uma importante matéria-prima para a indústria em questão, também é amplamente utilizada nos demais processos. No entanto, é um dos objetivos que sustentam o sistema de gestão ambiental da indústria.

Além disso, por se tratar de um trabalho que envolve uma equipe multidisciplinar, o DMAIC auxiliar o SGA na disseminação da cultura de meio ambiente da organização entre os colaboradores de diferentes áreas.

Em relação a indústria, podemos destacar dois importantes ganhos com a realização do trabalho: a redução de custos com o tratamento de água, visto que o objetivo de redução de consumo vem sendo alcançado. E a estabilidade/confiabilidade do processo de produção, demonstrado pelo aumento no nível sigma do processo, no que se refere ao indicador de água.

Em relação ao meio ambiente, o principal benefício advindo do trabalho é a redução do volume de água captado da natureza, através da economia no consumo de água na linha de produção.

Conclui-se que a utilização da metodologia Seis Sigma, que foi realizada através da aplicação do método DMAIC, é eficiente na solução de problemas de diversas áreas, auxiliando na correção de não conformidades e contribuindo no alcance dos objetivos organizacionais das empresas.

No entanto, observa-se que mesmo com todas as ações que foram realizadas, o processo não permanece controlado tendo picos de consumos elevados (a exemplo do mês de agosto onde a redução foi de apenas 2% em relação ao início do trabalho), demonstrando que ainda existem oportunidade a serem trabalhadas na linha de produção de retornáveis.

Além disso, apesar do nível sigma ter apresentado um aumento de 0,13, em relação ao início do trabalho, existem ainda inúmeras oportunidades a serem trabalhadas para o atingimento do nível de excelência 6 sigma.

## 6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Baseado nos resultados alcançados e na experiência adquirida com a realização do trabalho, pode-se propor algumas recomendações para trabalhos futuros. Conforme segue:

- Aplicar a metodologia Seis Sigma, método DMAIC, para outros indicadores ambientais;
- Estudar a aplicação da metodologia para outros segmentos empresariais que não sejam indústrias;
- Estudar outras metodologias para serem aplicadas na melhoria contínua do sistema de gestão ambiental.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001**: Sistema de Gestão Ambiental. Rio de Janeiro, 2015.
- BALDAM, R. L. Gerenciamento de Processos de Negócios: BPM – Business Process Management – 2ª edição. São Paulo: Editora Érica, 2007.
- BARBIERI, J. C. Gestão Ambiental Empresarial: Conceitos, Modelos e Instrumentos – 3ª edição. São Paulo: Editora Saraiva, 2011.
- BARROS, E., BONAFINI, F. C. Ferramentas da Qualidade – 1ª edição. São Paulo: Editora Pearson Education do Brasil, 2014.
- BATALHA, M. O. Introdução à Engenharia de Produção – 6ª edição. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2008.
- BRAITT, B.; FETTERMANN, D. C.; Aplicação do DMAIC para a melhoria contínua do sistema de estoque de uma empresa de informática. Disponível em: <http://www.seer.ufrgs.br/ProdutoProducao/article/viewFile/51559/32216>. Acesso em: Junho, 2018.
- BRITO, F. O. A Manufatura Enxuta e a Metodologia Seis Sigma em uma Indústria de Alimento. 2008. 186 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - UFAM / Faculdade de Tecnologia, Manaus, 2008.
- DONADEL, D. C. Aplicação da Metodologia DMAIC para Redução de Refugos em uma Indústria de Embalagens. 2008. 122 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP). ISO 14001:2015 Saiba o que Muda na Nova Versão da Norma. Disponível em: [www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=198712](http://www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=198712). Acesso em: Outubro, 2018.
- FREITAS, C. L.; RICHARTZ, F.; PFITSCHER, E.D; Análise de sustentabilidade ambiental em uma indústria de bebidas: Um enfoque no processo produtivo. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/viewFile/1009/1009>. Acesso em: Junho, 2018.

GEMPAR, Ministério Público do Paraná; Gerenciamento de Projetos. Disponível em: <http://www.planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/subplan/gempar/manual.pdf>. Acesso em: Setembro, 2018.

HOLANDA, L. M. C.; SOUZA, I. D.; FRANCISCO, A. C. Proposta de aplicação do método DMAIC para melhoria da qualidade dos produtos numa indústria de calçados em Alagoa Nova-PB. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 8, nº 4, out dez/2013, p. 31-44.

LOZANO, P. E. P.; OLIVEIRA, S. N. A contabilidade como instrumento de auxílio à gestão ambiental nas organizações. 2006. Monografia (Graduação em Ciências Contábeis) – UNISALESIANO, Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium, Lins. 2006.

MELLO, C. H. P. (Org.) Gestão da Qualidade. São Paulo: Editora Pearson, 2012.

ROTONDARO, R. G.; Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços – 1ª edição. São Paulo: Atlas, 2002.

SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de impactos ambientais: conceitos e métodos – 2ª edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SEIFFERT, B, E. M. ISO 14000, sistemas de gestão ambiental: implantação objetiva e econômica. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2007.

SETEC Consulting Group. Apostila Setec Consulting Group Treinamento Black Belt, Lean Six Sigma, 2006

VALLE, C. E. do. Qualidade Ambiental: ISO 14000 – 5ª edição. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2004.

WERKEMA, C. Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

WERKEMA, C. Criando a cultura Seis Sigma. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

WERKEMA, C. Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.