

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Rodger Yukio Kobayashi**

**APLICAÇÃO DO DMAIC NO PROCESSO DE CORTE  
E MONTAGEM  
DE LENTES OFTÁLMICAS UTILIZADAS NAS  
ARMAÇÕES DE ÓCULOS PELOS  
LABORATÓRIOS ÓTICOS.**

**Taubaté – SP**  
**2017**

**Rodger Yukio Kobayashi**

**APLICAÇÃO DO DMAIC NO PROCESSO DE CORTE  
E MONTAGEM  
DE LENTES OFTÁLMICAS UTILIZADAS NAS  
ARMAÇÕES DE ÓCULOS PELOS  
LABORATÓRIOS ÓTICOS.**

Trabalho de Graduação apresentado para  
obtenção do Certificado de Graduação do  
curso de Engenharia Mecânica do  
Departamento de Engenharia Mecânica  
da Universidade de Taubaté.

Orientador(a): Prof. (Msc.) Ivair Alves dos  
Santos

Coorientador(a): Prof. (Msc.) Fabio  
Henrique Fonseca Santejani

**Taubaté – SP**

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado  
de Bibliotecas / UNITAU - Biblioteca das Engenharias**

Kobayashi, Rodger Yukio

Aplicação do DMAIC no processo de corte e montagem  
de lentes oftálmicas utilizadas nas armações de óculos pelos  
laboratórios óticos. / Rodger Yukio Kobayashi. - 2018.

K755a

37f. : il; 30 cm.

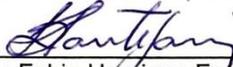
Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) –  
Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia

**RODGER YUKIO KOBAYASHI**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NO PROCESSO DE CORTE E  
MONTAGEM  
DE LENTES OFTÁLMICAS UTILIZADAS NAS ARMAÇÕES DE ÓCULOS PELOS  
LABORATÓRIOS ÓTICOS**

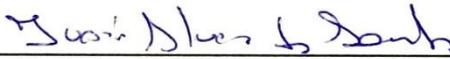
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO APROVADO COMO PARTE  
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE “GRADUADO EM  
ENGENHARIA MECANICA”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO COORDENADOR DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



Prof. Msc.: Fabio Henrique Fonseca Santejani  
Coordenador de Trabalho de Graduação

**BANCA EXAMINADORA:**



Prof. Msc. Ivair Alves dos Santos  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. Msc. Antônio Carlos Tonini  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

**Data: 11/09/2017**

*Dedico este trabalho à minha esposa Glaucia  
Kobayashi, e a minha filha Clara Mei.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha família pelo incentivo e apoio ao retorno dos estudos.

Ao Professor Ivair Alves dos Santos pela excelência e instrução que desprendeu não só à mim, mas à todos meus colegas de curso que necessitaram.

À Universidade de Taubaté e a todos os professores por compartilharem de seus conhecimentos.

À todas as pessoas que de alguma forma ajudaram na conclusão deste trabalho.

*“Não existem pessoas melhores que as outras, existem níveis diferentes de conhecimento e comportamento, os nossos maiores inimigos somos nós mesmos..”*

*(Huo Yuanja)*

## RESUMO

O mercado de varejo atual, se encontra em sua fase mais competitiva dos últimos anos devido a recente crise econômica que o país tem enfrentado. Frente a este cenário, o ramo de laboratório ótico, que fabrica lentes oftálmicas para óculos, tem por obrigatoriedade, atuar com os mais rigorosos níveis de excelência em seus produtos no quesito “fidelidade de transparência nas lentes produzidas, onde a qualidade se exclama exatamente à ausência de qualquer tipo de manchas ou riscos por mínimos que sejam, em seu produto final. Este estudo, propôs o uso de uma ferramenta de qualidade em uma fase deste minucioso processo em que se enfrentava uma grande dificuldade em identificar a causa de riscos leves e levíssimos ao longo da topografia da lente acabada que por fim comprometia uma parte significativa da produção. A metodologia escolhida foi o DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar, Controlar). Durante a aplicação, considerou-se desde o comportamento emocional do colaborador ao nível de contaminação do ar no ambiente do processo. Enfim, foram considerados todos os aspectos que contribuíam para este modo de falha. No trabalho, é possível identificar oportunidades de melhoria que foram detectadas e também observar os resultados atingidos em relação a custos com a solução implementada.

**Palavras-chave:** Seis-Sigma, DMAIC, Custos, Ótico.

## **ABSTRACT**

The current retail market is in its most competitive phase in recent years due to the recent economic crisis the country has faced. Against this background, the branch of optical laboratory, which manufactures ophthalmic lenses for spectacles, is obliged to act with the strictest levels of excellence in its products in the area of "fidelity of transparency in lenses produced, where quality exclaims exactly to the absence of any kind of blemishes or scratches, however small, in their final product. This study proposed the use of the Six Sigma tool ( $6\sigma$ ) in a phase of this meticulous process in which it was very difficult to identify the cause of slight and very slight risks along the topography of the finished lens that finally compromised a significant part of production. The methodology chosen was DMAIC (Define, Measure, Analyze, Implement, Control). During the application, it was considered from the employee's emotional behavior to the level of air contamination in the process environment. In short, all aspects that contributed to this mode of failure were considered. At work, it is possible to identify improvement opportunities that have been detected and also to observe the results achieved in relation to costs with the implemented solution.

**Keywords:** Six-Sigma, DMAIC, Costs, Optical.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema ilustrativo das etapas do método ( $6\sigma$ ) /DMAIC. ....	21
Figura 2 – Diagrama “Espinha de Peixe”, Matriz de Causa e Efeito e Gráfico de Pareto.....	28
Figura 3 – Câmara de Montagem/ Braços de Fixação .....	29
Figura 4 – Lensômetro (aparelho de aferição de grau e marcador de centro-ótico)..	29
Figura 5 – Esborrifador de água.....	32

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gráfico de incidentes de riscos em lentes por material de composição..	24
Gráfico 2 – Gráfico de custos por material de composição. ....	25
Gráfico 3 – Valores de Perdas do 3º Trimestre de 2017. ....	26

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela dos Itens e suas Causas. ....	31
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS

DMAIC	Definir, Medir, Analisar, Implementar, Controlar
TECR	Técnico em Ótica Responsável
AUX	Auxiliar de Laboratório
CR-39	Acrílico Comum

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
1.1	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	14
1.1	OBJETIVO	15
1.2.1	Objetivo Geral	15
1.2.2	Objetivos Específicos	15
1.3	JUSTIFICATIVA	16
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	16
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>17</b>
2.1	QUALIDADE	17
2.2	DMAIC	17
<b>3</b>	<b>MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E MÉTODO</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>24</b>
4.1	DEFINIR	24
4.2	MEDIR	26
4.3	ANALISAR	30
4.5	IMPLEMENTAR	33
4.6	CONTROLAR	33
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>34</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>35</b>
<b>7</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>36</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>37</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

O ramo de ótica é um dos poucos que se encontra em alta no atual mercado brasileiro, tal colocação gera interesse de empresários investirem neste setor do varejo dentre outras inúmeras opções seja como franquias ou em lojas independentes.

Entretanto, se difere no quesito de investimento inicial pois o modelo ideal de negócio, é uma estrutura de ponto de venda físico e em conjunto, um laboratório de montagem de corte das lentes dos óculos comercializados.

O estudo foi aplicado no setor de laboratório de montagem das lentes, onde se encontrava um grande modo de falha extremamente relevante neste setor de varejo, onde a qualidade de transparência das lentes é elevado e se deparava com riscos nas lentes em seu processo final.

Com a implementação do DMAIC, conseguiu-se a identificação da causa do modo de falha, e com a ação de melhoria, atingiu resultados excelentes de qualidade, impactando diretamente na eliminação de custo de perda relacionado a este problema de produção.

O perfeito resultado em curto prazo e eficácia percebida, despertou o interesse pelos sócios do grupo, a estender a aplicação na empresa de um modo geral, tanto para resoluções de outros problemas enfrentados nos laboratórios, como no setor de varejo e administração.

### **1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA**

O estudo de caso em questão foi aplicado no laboratório ótico da rede de lojas, Óticas Fuji, situada na cidade de Pindamonhangaba-SP onde são feitos o processo de corte e acabamento das lentes oftálmicas que supostamente receberão o formato ideal para serem inseridas em aros feitos de diversos materiais denominados armação. Tal conjunto se denomina “óculos de visão”, popularmente dito, e que são comercializados nos pontos de vendas da rede.

Após o grupo realizar um upgrade nas máquinas que são usadas em seu laboratório, notou-se um aumento de perdas de lentes que eram inutilizadas devido a surgimento de arranhões de nível leve e levíssimos ao longo da topografia inferior e superior da lente. Apesar do processo envolver somente duas pessoas, técnico responsável em ótica e auxiliar-técnico, o grupo se deparou com uma grande dificuldade em identificar em qual fase do processo eram responsáveis pelas falhas.

## **1.2 OBJETIVO**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Este trabalho tem como objetivo demonstrar através de um estudo de caso, como a implementação de ferramentas organizacionais e de qualidade como o DMAIC pode ser eficaz na identificação de problemas em um processo tão rigoroso como o do ramo ótico.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Dos objetivos específicos:

- Identificar qual a causa dos arranhões em lentes oftálmicas durante o processo de corte.
- Quantificar os custos originados à este modo de falha.
- Elaborar e implementar melhorias ao processo afim de diminuir esses custos.
- Identificar os resultados das melhorias no custo da empresa

### **1.3 JUSTIFICATIVA**

O trabalho se justifica pelos resultados inesperados obtidos na identificação de um problema no processo de corte de lentes através da implantação de uma metodologia como o DMAIC. Através dessa aplicação foi possível identificar, quantificar e qualificar o modo de falha.

Delimitação do assunto: Este trabalho delimita-se ao estudo e implementação da metodologia DMAIC no laboratório ótico em Pindamonhangaba, visando reduzir os custos e perdas de lentes oftálmicas no processo de corte.

### **1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO**

A dissertação está estruturada em:

Capítulo 1, introduz o tema, a falha que motivou a pesquisa, os objetivos gerais e específicos, a justificativa, a delimitação do assunto e a estrutura do trabalho.

Capítulo 2, apresenta uma revisão da literatura sobre qualidade e o DMAIC.

Capítulo 3, trata da metodologia adotada na pesquisa, apresentando como foi feita a coleta e a obtenção dos dados e como foi conduzida a pesquisa no laboratório ótico.

Capítulo 4, apresenta e explica detalhadamente, como a metodologia foi aplicada, as medidas adotadas assim como os resultados obtidos.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

O presente capítulo aborda um breve histórico da metodologia DMAIC originada do Seis Sigma, com formatos do processo explicando as fases para a sua aplicação.

Foram abordadas as fases da metodologia tais como definir, medir, analisar, implementar e controlar, levando em consideração as exigências de qualidade que o atual mercado, exige para com o comércio de varejo.

### **2.1 QUALIDADE**

O exigente mercado competitivo atualmente presente em tempos de crise econômica no país, leva as empresas, adotarem qualidades de serviços e produtos em seu mais elevado nível.

De acordo com Harry e Schroeder (2000), existem estudos e pesquisas abordando a importância da aplicação do DMAIC em empresas que obtiveram resultados positivos a curtíssimo prazo em comparação à suas concorrentes.

Segundo Hoerl (2001), a aplicação da metodologia se popularizou devido a modelos como empresas de grande renome mundial como por exemplo, a gigante Apple norte-americana sendo assim seguida por outros grandes grupos como Honeywell, Ericsson entre outras

Por Sordi (2008), afirma que, em buscas de procedimentos e soluções eficientes e práticas, as empresas tem organizado suas estruturas não mais pelo conjunto de atividades, mas sim sob as exigências do mercado.

### **2.2 DMAIC**

A literatura ressalta as cinco técnicas de maior relevância na metodologia DMAIC. Tal importância se refere a aplicação de ferramentas que medem as características do processo em termos de desempenho e assim revela-se o estado

atual do processo para uma determinada melhoria (BREYFOGLE III *et al.* 2001; McADAM; LAFFERTY, 2004). Dentre as importantes etapas do método, a fase “medir” é a que mais se leva em conta, pois nesta fase se revela os modos de falha e possíveis necessidades de melhoria. Em seguida desta fase, é possível a formatação de ações para a resolução do problema destacado.

Segundo Sunil *et al.* (2013), através da metodologia DMAIC, obtém-se dados estatísticos de todo o processo analisados norteando assim as ações mais eficientes para melhoria em termos de produtividade e qualidade.

### **2.2.1 Fase “Definir”**

Após a realização da fase “medir”, inicia-se um estudo para perfeito e completo conhecimento do problema e entendendo a real necessidade e expectativa sobre o processo. As metas são organizadas e definidas assim também como a elaboração de um cronograma para que se visualize um prazo para o desenvolvimento das melhorias.

### **2.2.2 Fase “Medir”**

Esta fase, consiste em elaboração de técnicas para captação de dados do processo ora analisado. Ao se colher os dados, começam a se revelar supostas oportunidades de resolução e melhoria do “gap”(problema). Se revela também outros fatores que possam influenciar no processo e que nunca foram detectados ou percebidos mas que podem crescer no processo.

Baseando-se nas informações colhidas, se permite a qualificar, mensurar e organizar as relevâncias e proceder com as ações de maneira plena.

### **2.2.3 Fase Analisar**

Nesta fase, os dados obtidos na fase anterior, são estudados afim do entendimento e melhor compreensão do processo assim obtendo-se informação de extrema importância para o objetivo principal. Vez ou outra, nesta fase de análise, se depara com a necessidade de colher novos dados para afinamento da situação atual.

Consegue assim, identificar todas as variáveis que comprometem o processo levando conseqüentemente a busca pelas causas do problema. LIN et al (2013).

### **2.2.4 Fase Melhorar**

Agora, já com as informações necessárias, se introduz as ações para a resolução dos modos de falha. Testes e projetos pilotos podem ser utilizados para se obter resultados prévios e supostamente melhorados para atingir as metas e por fim serem colocados em prática.

### **2.2.5 Fase Controlar**

Todos processos podem apresentar variações em sua forma de trabalhar.

A fase “controlar”, institucionaliza e acompanha o processo depois das modificações implantadas, sendo comum nesta fase adaptações ou ajustes para um modo variado de processo. LIN et al (2013).

Finalmente a melhoria final é implantada, consegue –se a resolução do problema, os resultados percebidos e a auditoria do processo e o monitoramento dos objetivos alcançados. MATOS (2013).

### 3 MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E MÉTODO

O autor escolheu a área de laboratório ótico para o estudo de caso, em específico, nos cortes de lentes oftálmicas. Nesta fase se envolve um colaborador técnico, um auxiliar técnico e uma máquina facetadora computadorizada modelo ESSILOR Delta 2. Utilizou-se de lentes oftálmicas reais dos mais variados materiais disponíveis no mercado.

O método utilizado foi caracterizado como “Estudo de Caso” YIN (2001), pois a pesquisa científica realizada visa captar e analisar dados derivados de um ambiente de produção de uma empresa de pequeno porte. O estudo de caso revelou as causas de falhas nas lentes oftálmicas após serem finalizadas no processo de corte.

Foram reunidas pelo autor deste estudo, denominado Líder, todas as pessoas envolvidas no processo como se segue as denominações:

- Técnico em Ótica responsável – (TecR)
- Auxiliar de Laboratório – (Aux)

Realizou-se uma pesquisa bibliográfica do modelo DMAIC de qualidade ressaltando seu entendimento. Após essa pesquisa, percebeu-se a adequabilidade a esta fase do processo.

A Figura 1 tem o objetivo de demonstrar as cinco fases do DMAIC, já citadas anteriormente.

Figura 1 - Esquema ilustrativo das etapas do método (6 $\sigma$ ) /DMAIC.

Fonte: LINDGREN, P.C.C. MBA em Gerência de Logística - Unitau, 2010.

À seguir, um estudo foi realizado afim de conhecer as características dos principais materiais de composição das lentes oftálmicas, comercializadas pela empresa.

No final do século XIII, quando surgiram as primeiras lentes oftálmicas, os materiais mais utilizados eram o quartzo, cristal e o berilo mineral. Possuem peso elevado, baixa resistência a impacto e o índice de refração (índice de espessura) variam entre 1,52 à 1,90. Devido as suas características e principalmente por permitir alto risco ao usuário quando se estilhaçavam, esses materiais foram destinados a usos específicos como para correções anormais de alta miopia ou alta hipermetropia, onde o usuário necessita acima de dez graus de correção, até ao uso profissional para locais de extrema temperatura.

Com o avanço expressivo da tecnologia, atualmente dispõe-se de uma grande variedade de compostos polímeros orgânicos, permitindo mais conforto, praticidade e segurança para o usuário.

As lentes de material orgânico (acrílico), atualmente são as mais usadas, feitos de polímeros orgânicos que permitem as lentes serem mais leves e mais resistentes a impactos, disponíveis em diferentes índices de refração (índice de espessura) e permitem também a aplicação de vários tratamentos de melhoria.

*- CR-39 – Índice de refração 1,49:*

Apresenta excelente qualidade de transparência e quatro vezes mais resistente à quebra que as lentes minerais. Indicadas para graduação baixa e armações do tipo “fechadas”. Não proporciona nenhum tipo de filtro em relação a raios UV's e luz azul. Permite aplicação de tratamentos como o anti-reflexo e as películas foto-sensíveis.

*- Trivex – Índice de refração 1,53:*

Material de extrema resistência à impactos, torções dentre outros. Ótima transparência devido a pureza do material. Proporciona 100% de proteção UV, mais fino que o acrílico e aceita aplicação de tratamentos variados. Por apresentar extrema resistência, o material Trivex, é indicado para crianças e para uso nas armações de segurança para profissionais que atuam em áreas de partículas de impacto.

*- Policarbonato – Índice de Refração 1,59:*

O policarbonato usado nas lentes oftálmicas, apresenta resistência considerável em comparação a outros materiais e também utilizados para fins profissionais. O grande atrativo se reserva ao seu preço, ótima relação custo-benefício, porém, sua transparência é inferior. Por ser resultado de misturas de polímeros, o policarbonato apresenta distorções cromáticas imperceptíveis a primeiro contato, mas, que podem causar cansaço visual quando usado à longo-prazo. Apresenta espessura satisfatória para graduação média e média-alta e permite ser inserida em qualquer tipo de armação.

*- Resina 1,60 e 1,67– Índice de Refração 1,60/ 1,67:*

Identificados pelas próprias siglas de seus índices, estas resinas agregam ótima espessura para graduação média-alta e alta com alta qualidade de transparência, proporcionando ao usuário 100% de proteção contra raios UV's e resistência razoável.

*- Resina 1,74 – Índice de Refração 1,74:*

Dentre outras a mais fina das lentes compostas por polímeros orgânicos, a resina 1,74 é o material mais avançado até a atualidade pois une leveza,

transparência e espessura “premium”. Utilizado nas mais altas graduações solicitadas nas receitas de óculos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A equipe optou por seguir rigorosamente a ordem das fases do DMAIC, e o desenvolvimento são apresentados a seguir:

### 4.1 DEFINIR

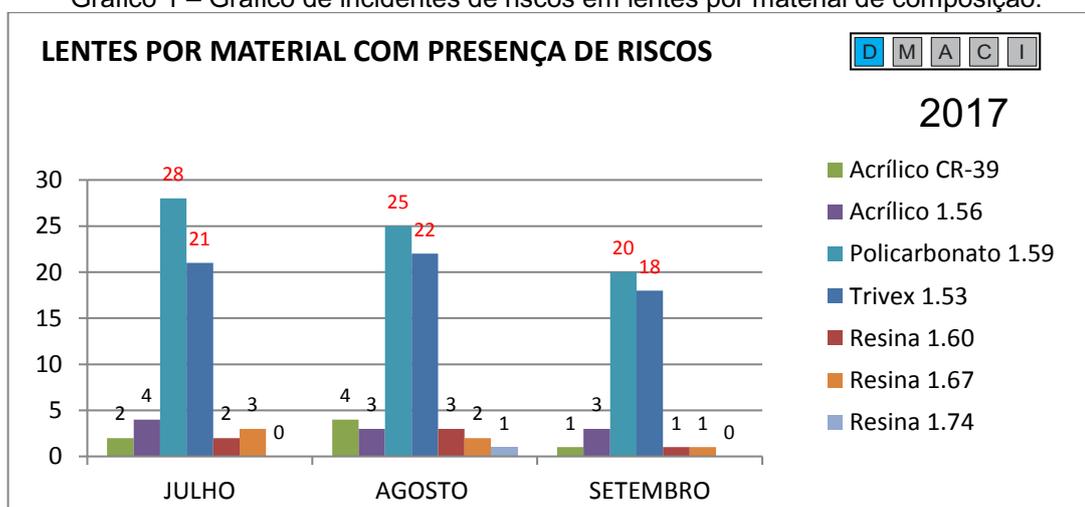
A fase *Definir* consiste basicamente em definir em quais elementos serão alvo do procedimento DMAIC. A equipe definiu as seguintes ações para a seleção:

- Primeiramente, estratificou os diferentes materiais utilizados nas lentes oftálmicas que apresentaram problemas como micro riscos e/ou manchas em suas topografias conforme o Gráfico 1.

- Em seguida, analisou-se os custos referentes as lentes com a presença de riscos com mais relevância como demonstra o Gráfico 2.

- Na sequência, seguindo a ordem proposta pela ferramenta DMAIC, o líder do projeto quantificou os dados e deu andamento ao procedimento, que consistiu em reuniões semanais junto a equipe levando a medir, avaliar, implementar, controlar, e analisar os resultados obtidos.

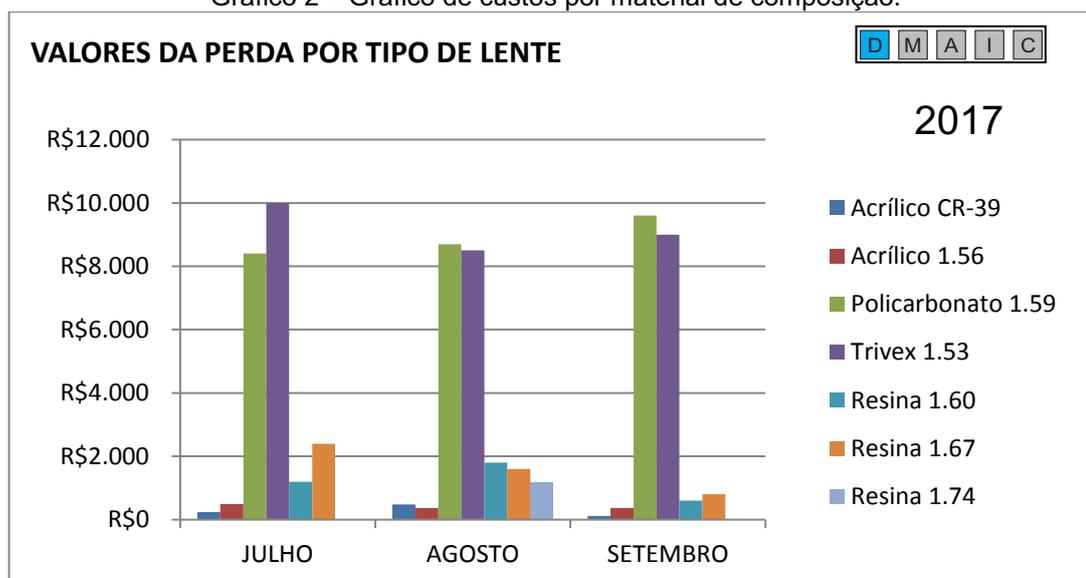
Gráfico 1 – Gráfico de incidentes de riscos em lentes por material de composição.



Fonte: Autor

No Gráfico 1, pode –se identificar que os materiais Policarbonato de Índice 1.59, e Trivex de Índice 1.53, apresentaram maior participação nas ocorrências em relação a riscos após se submeterem ao corte num primeiro trimestre. Após os dados obtidos, foi realizado reuniões com a equipe e se considerou algumas semelhanças entre os dois materiais em questão. A congruência na dureza e no comportamento de ambos ao serem processadas, chamou a atenção da equipe, pois o fato de serem mais resistente que os outros materiais, liberavam muito mais cavacos e micro escórias ao se submeterem aos desbastes do processo de corte. Assim, no Gráfico 2, pode-se observar a extrema importância em definir os dois materiais para o foco das análises e estudos, considerando-se a representatividade nos custos da empresa.

Gráfico 2 – Gráfico de custos por material de composição.

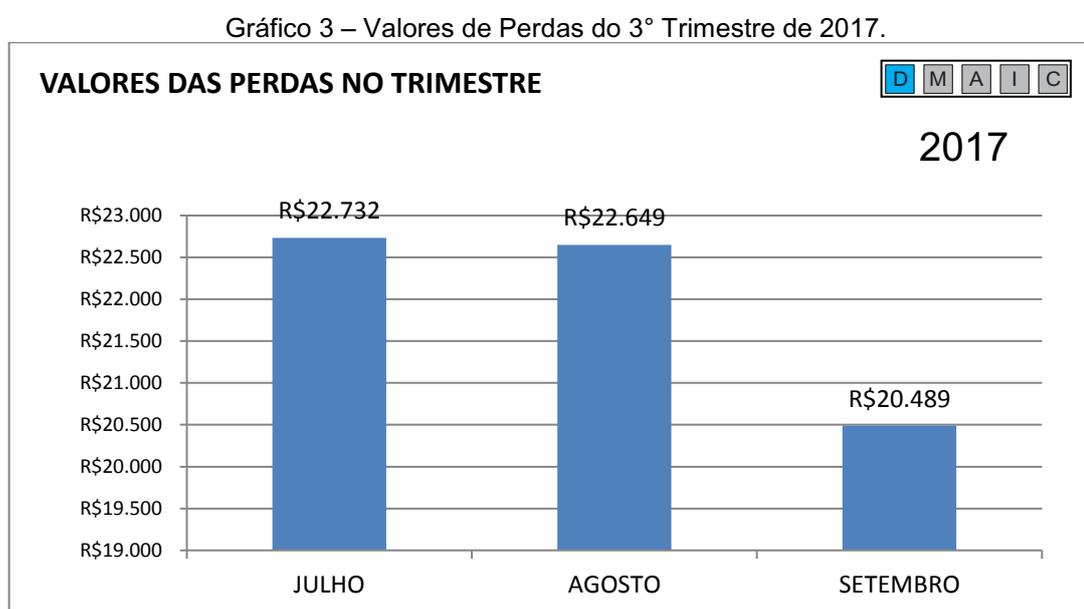


Fonte: Autor

Os materiais, Policarbonato 1.59 e Trivex 1.53, apresentaram custos muito acima dos demais materiais chegando no primeiro mês a R\$ 18,500.00 (dezoito mil e quinhentos reais) se somados juntos. Os dados para a obtenção dos valores que compuseram o Gráfico 2, foram obtidos por média de produção pois os tipos de lentes disponíveis no mercado ótico podem atingir uma faixa de valores bem divergentes dependendo da sua finalidade para um mesmo material de composição, ou seja, uma lente de visão simples a qual atende um usuário apenas para visão de

longe no material Policarbonato 1.59, tem valores a partir de R\$66,00 (sessenta e seis reais). Uma mesma lente, composta pelo mesmo material, mas para uma necessidade de multi - visões, podem chegar até R\$ 7000,00 (sete mil reais).

Podemos finalmente, conferir os custos acumulados gerados pelas perdas das lentes devido a riscos e arranhões das lentes oftálmicas nos materiais, Policarbonato índice 1.59 e Trivex índice 1.53 ao longo do trimestre analisado nesta empresa conforme o Gráfico 3:



Fonte: Autor

## 4.2 MEDIR

A fase *Medir*, não menos que as demais, é considerada de grande importância, pois é nesta fase que conseguimos observar, quantificar e qualificar a influência dos modos de falha impactante no rendimento de uma empresa seja de qualquer porte. O condutor do projeto deve-se atentar a cada detalhe dos dados obtidos pelos gráficos e pesquisas executadas, obtendo assim um correto direcionamento aos estudos a seguir.

De suma importância, a referida fase, é por maioria das vezes, negligenciada pelos profissionais.

Para o bom entendimento das análises, segue-se uma explicação detalhada do passo à passo para se confeccionar o corte das lentes oftálmicas:

- Primeiro Passo: Após uma prévia análise das lentes semi – acabadas recebidas pelo laboratório de surfassagem terceirizado, as mesmas seguem para a conferência de grau realizado com o auxílio de um Lensômetro (Figura 4), que também permite à identificar o centro ótico da lente, marcação esta necessária para inserção das ventosas de fixação primárias diretamente ao lado externo.

- Segundo Passo: as Lentes são selecionadas e separadas com as armações à que se destinarão.

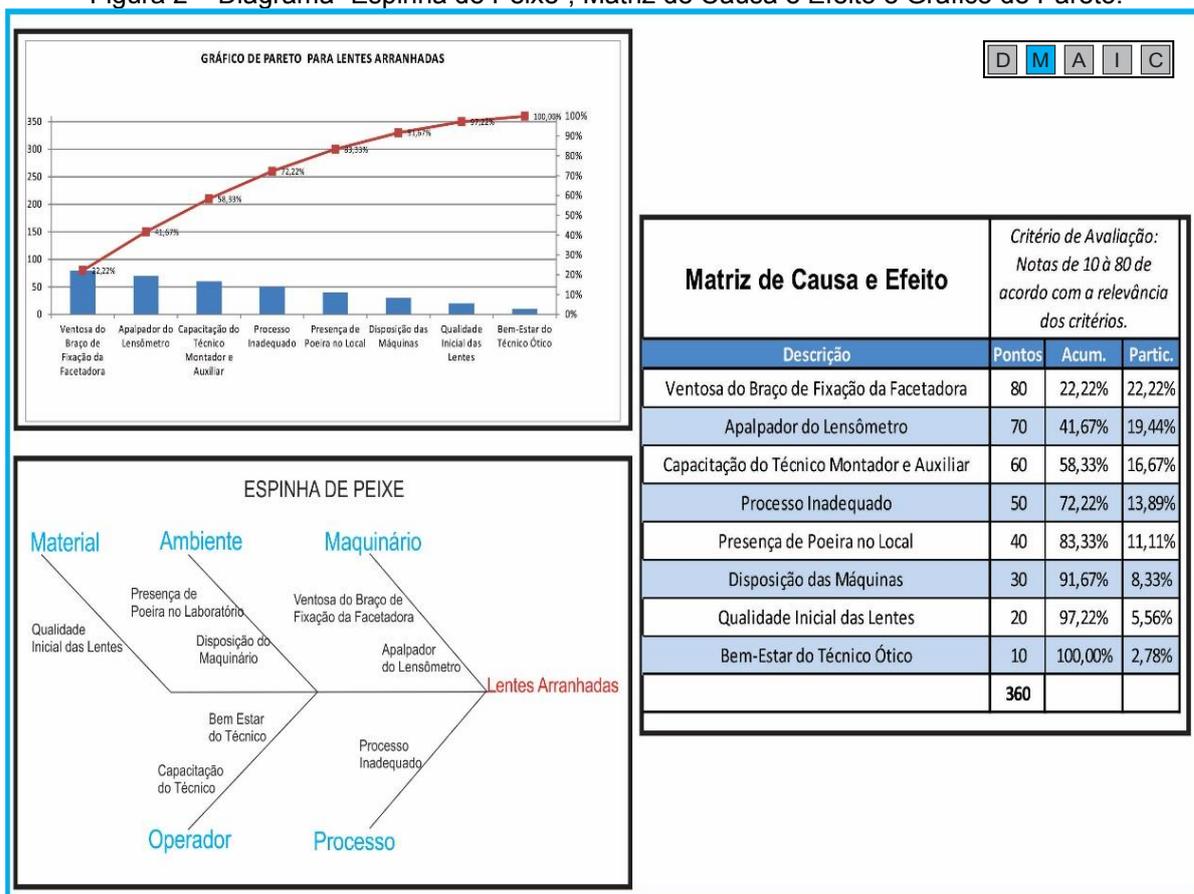
- Terceiro Passo: As lentes são inseridas na câmara de montagem e acopladas nos braços de fixação da facetadora através das ventosas primárias previamente coladas em sua superfície externa.

- Quarto Passo: Escaneia – se o modelo do formato da armação do óculos proposto através do módulo de leitura da própria facetadora e em seguida é dado o comando para o corte da lente, uma por vez.

- Quinto Passo: Após o término do corte, a máquina libera os braços de fixação e as lentes são retiradas manualmente da câmara de corte e encaixadas na armação de óculos em questão.

A Figura 2, representa o diagrama “Espinha de Peixe” ou “Diagrama de Ishikawa”, realizado para analisar os arranhões e micro riscos originados nas lentes oftálmicas durante o processo de corte. A equipe considerou as principais causas que possivelmente poderiam contribuir para os riscos nas lentes. Adotou-se o processo de *brainstorm* durante esta fase. Ao longo das reuniões realizadas pelo líder, a equipe discutiu e analisou os dados do diagrama “Espinha de Peixe”, afim de se obter parâmetros para construção de uma “Matriz de Causa e Efeito” (Figura 2). Foram medidas e ponderadas informações das principais causas que contribuíram para este caso. As informações foram utilizadas para a construção de um “Gráfico de Pareto” (Figura 2).

Figura 2 – Diagrama “Espinha de Peixe”, Matriz de Causa e Efeito e Gráfico de Pareto.

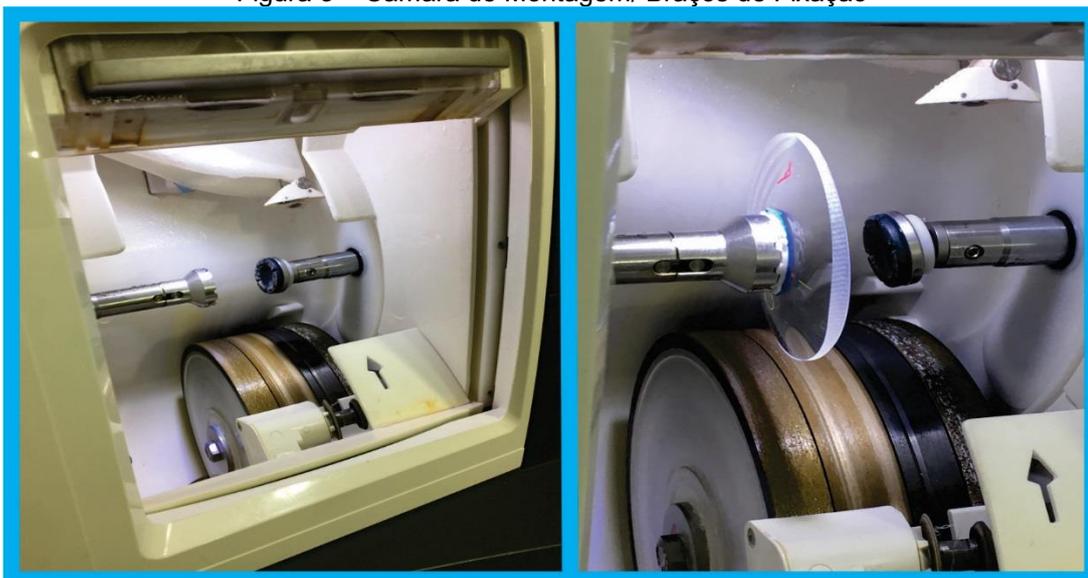


Fonte: Autor

Como demonstrado, admitiu-se que as três possíveis causas de maior relevância foram, o braço de fixação da facetadora, o apalpador do lensômetro, e a capacitação do operador.

Sobre o braço de fixação, observou-se que se a ventosa do braço estiver suja, com algum tipo de pó ou escória proveniente da operação anterior, pode-se arranhar a lente no momento da inserção da lente na facetadora automática, já que o sistema consiste em dois braços de fixação, um à versa a outro, em direção axial atuadas por sistema mecânico automatizado fixando assim a lente, como mostra a Figura 3.

Figura 3 – Câmara de Montagem/ Braços de Fixação



Fonte: Autor

Figura 4 – Lensômetro (aparelho de aferição de grau e marcador de centro-ótico).



Fonte: Autor

Em referência ao uso do Lensômetro, podemos conferir que as lentes se submetem ao contato com os apalpadores para a fixação da lente ao canhão de

leitura do aparelho. Durante a leitura é necessário movimentar a lente afim de identificar e marcar o centro ótico.

Em sua totalidade, o processo é semi - automatizado, e se vê necessário o manuseio dentre as fases, por parte do Técnico Ótico, como podemos conferir no primeiro passo de marcação das lentes, e também no último passo, que consiste em inserir as lentes já cortadas nas respectivas armações, finalizando assim, a montagem do óculos completo. Durante o manuseio, atenta-se no uso de luvas adequadas nas mãos do operador, pois qualquer sujeira ou pó pode entrar em contato com a lente e ocasionar alguma avaria no produto final. O treinamento e aptidão também é requisito relevante por parte do técnico para uma montagem perfeita.

Em resumo, a fase “Medir” tem por finalidade, unificar e quantificar os dados obtidos pelos gráficos já demonstrados, assim preparando-os para a próxima fase do DMAIC. Pela matriz de causa e efeito, foram destacados os principais potenciais motivos dos riscos nas lentes, considerando as interpretações de cada participante da equipe. Seguidamente, foi possível a construção do gráfico de Pareto, que reverenciou a explícita contribuição de cada item por porcentagem para este modo de falha. Os dados de perdas das lentes devido à riscos que alimentou os gráficos foram cedidos pela gerência.

### **4.3 ANALISAR**

Todas as informações adquiridas na fase anterior, seja pela relevância das possíveis causas e pela representatividade que impactam diretamente nos custos da produção do processo em questão, são de extrema importância para a fase “Analisar” do DMAIC. Os dados dos gráficos são evidenciados e criteriosamente analisados através de um *brainstorm*, afim de eliminar o modo de falha.

Reverenciando os itens da matriz causa e efeito chegou-se aos principais motivos que certamente causariam os riscos, como é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Tabela dos itens e suas Causas.

Tabela dos Itens e suas Causas			
Causas			
Item	Braços de Fixação da Facetadora	Apalpador do Lensômetro	Capacitação do Técnico Montador e Auxiliar
<b>CAUSAS</b>	1 - Presença de poeiras ou micro partículas nas superfícies das ventosas de contato do braço de fixação originadas do processo de corte anteriormente realizado na máquina	1 - Presença de poeiras ou micro partículas na superfície do apalpador	1 - Aptidão e destreza do Montador ao encaixar as lentes já cortadas na destinada armação de óculos
	2 - Rugosidade nas superfícies das ventosas de contato do braço de fixação devido ao uso	2 – Rugosidade na superfície do Apalpador do Lensômetro devido ao uso	
	3 - Pressão excessiva que o braço exerce para segurar a lente à ser cortada		

Fonte: Autor

Foram então discutidas e ponderadas as ações para cada item:

- Para os braços de fixação, se fez necessário um check-up prévio ao início de cada operação de corte, onde eram realizados análises da superfície da ventosa do braço, quanto ao seu estado de conservação e limpeza. Também incluiu neste procedimento, a verificação e calibração da pressão exercida pelos braços sobre a lente. Toda essa verificação era de responsabilidade do próprio Técnico Ótico.
- Para o apalpador do Lensômetro, definiu-se o mesmo procedimento de check-up prévio realizado nos braços de fixação da facetadora.
- Para a capacitação do Técnico e o auxiliar, foi supervisionado pelo líder com o auxílio de literaturas de normas do procedimento, fornecido pelo fabricante dos maquinários utilizados, todas as fases dentre o processo de corte, desde a recepção do produto inicial ao laboratório, até ao último estágio onde os óculos ficavam prontos.

Com o acompanhamento do líder, foi possível identificar efetivamente ao momento exato em que surgia os riscos nas lentes.

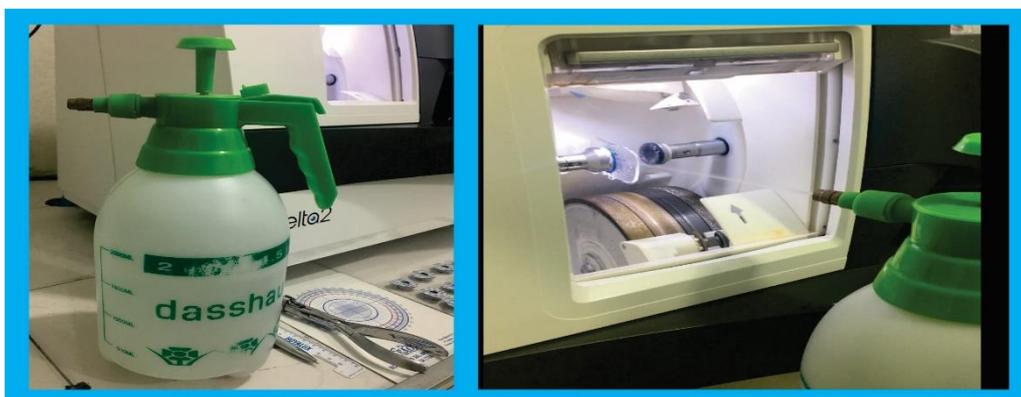
Ao término do corte, a máquina liberava os braços de fixação e o Técnico retirava a lente da câmara de corte para proceder com a inserção da mesma na armação de óculos, só não era percebido que junto às lentes, continham micros escórias impregnadas em toda superfície, que surgiam durante o corte, e que, ao momento da inserção das lentes nas armações, geravam os referidos riscos.

A máquina realiza o procedimento de limpeza da lente antes de liberar os braços de fixação através de um jato de água, mas foi constatado que era eficaz para as partículas maiores mas não era suficiente para remover as micros partículas em sua totalidade.

Com os dados obtidos na fase *Medir*, se comprovou que os materiais analisados em questão, são os de maior dureza e que por apresentarem estas propriedades, são os únicos cortados a seco por programação de fábrica do software da Facetadora. Essa condição de corte, gera quase 10 vezes mais escórias flutuantes na câmara de corte do que outros materiais que são cortados com auxílio de água.

Adotou-se então, um esborrifador de água de média pressão que seria usado entre a liberação dos braços de fixação, com a lente ainda na câmara de corte e antes do técnico retirá-la para fazer a montagem nas armações de óculos (Figura – 5). Assim, não só para os materiais, Policarbonato 1.59 e Trivex 1.53, foi definido por unanimidade o uso do recurso em todas os tipos de lentes submetidas ao corte na Facetadora.

Figura 5 – Esborrifador



Fonte: Autor

#### **4.4 IMPLEMENTAR**

A fase Implementar, do DMAIC, consistiu absolutamente na ação proposta da fase anterior.

Foram analisados novamente a produção em relação ao surgimento de riscos nas lentes durante 30 dias e para surpresa do autor e para toda a equipe e gerência, este modo de falha foi eliminado do processo.

#### **4.5 CONTROLAR**

Observado finalmente a eficácia da metodologia DMAIC para este caso, aplicou-se e continuou-se todos os outros dois itens abordados na fase Analisar, que são as verificações prévias dos componentes que tem contato direto com as lentes durante o processo de montagem de um óculos dentre cada setup, já que fatos estes como a vida útil e estado de conservação dos apalpadores do Lensômetro e a ventosa do braço de fixação da facetadora, apresenta necessidade de atenção por parte dos envolvidos do setor ao longo do tempo, e que se não agora, num momento próximo, podem ser passíveis de causa de riscos repentinos levado em consideração as suas funções.

A aplicação destes check-ups, são realizados com frequência bimestral, analisando-se a produção de um dia pré-definido.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Para a surpresa do autor, a ferramenta DMAIC, apresentou efetivos resultados para este procedimento. Este trabalho, possibilitou o autor a participar integralmente das experiências propostas, desde à cooperação, dedicação, e união de todos os envolvidos como equipe, aos resultados extremamente satisfatórios da metodologia aplicada.

Teve também a oportunidade de convergir este trabalho num tratamento científico, contribuindo para um aprendizado de observar variações, analisar desvios e ponderar situações dificilmente percebidas a uma empresa de varejo.

As experiências e resultados ao longo da aplicação do DMAIC, foram de extrema importância para o autor e para todos que contribuíram para o procedimento melhorando a todo um setor importantíssimo neste ramo que é de proporcionar o bem-estar para os necessitados visuais.

## 6 CONCLUSÕES

Com este estudo de caso, conclui-se que em referência aos materiais de composição das lentes oftálmicas, obtemos diferentes comportamentos quando submetidas ao corte e acabamento por desbastagem. Possibilitou a análise de que quanto mais fino e resistente o material das lentes, mais suscetíveis à riscos essas lentes serão durante o processo. Partindo destas condições de comportamento, pode-se precaver de prováveis problemas que possa acontecer com um suposto novo material de lentes oftálmicas, já que os quesitos resistência e espessura, são de grande interesse para o segmento que busca constantemente a descoberta de novas combinações de materiais afim de proporcionar a melhor correção e proteção visual para o bem estar dos usuários de óculos.

O DMAIC se demonstrou ser expressivamente essencial neste caso e que tão logo pode-se aplicar na maioria dos setores de uma empresa onde for percebida um modo de falha ou que se queira implementar uma melhoria contínua.

## **7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

O trabalho foi executado e coordenado por um estagiário de engenharia na empresa em que trabalha e que foi seu único emprego até os dias atuais. Por tais motivos, pode-se propor um estudo voltado para este segmento estudado. De fato foi exposto este assunto para o fabricante e repassado todos os dados, bem como a metodologia aplicada ao caso à rigor, afim de propor uma melhoria na eficiência no jato de água de limpeza final da máquina proporcionando uma automatização do sistema para melhor atendimento ao objetivo.

## REFERÊNCIAS

BREYFOGLE III F. W.; CUPELLO J. M.; MEADOWS, B. **Managing Six Sigma: a practical guide to understanding, assessing, and implementing the strategy that yields bottom-line success.** New York: John Wiley e Sons, Inc., 2001.

DE SORDI, J. O. **Gestão por processos: uma abordagem da moderna administração.** 2. ed. rev. e atual. São Paulo: Saraiva, 270 p, 2008.

HARRY, M. E SCHROEDER, R. **Six Sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations.** New York: 2000.

HOERL, R. **Six sigma Black Belts: what do they need to know?** Journal of Quality Technology. Milwaukee, wi, v33, n.4, p.391-406, Oct 2001.

LINDGREN, P.C.C. **Notas de Aula Curso de MBA em Gerência de Logística** Unitaui, 2010.

LIN, C. *et al.* **Continuous improvement of knowledge management systems using Six Sigma methodology.** Robotics and Computers-Integrated Manufacturing, v.29, p. 93-103, 2013.

MATOS, J. L. **Implementação de um projeto de melhorias em um processo de reação química em batelada utilizando o método DMAIC.** Dissertação (Mestrado). UFRGS, 2003.

SUNIL *et al.* **Productivity Improvement of a Special Purpose Machine Using DMAIC Principles: A Case Study** Journal of Quality and Reliability Engineering, 2013.