

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Karoline Neves Rocha

Rafael Silva de Oliveira

**ANÁLISE DE FERRAMENTAS E METODOLOGIAS DE PROCESSOS  
NA INDÚSTRIA**

Limeira

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Karoline Neves Rocha

Rafael Silva de Oliveira

**ANÁLISE DE FERRAMENTAS E METODOLOGIAS DE PROCESSOS  
NA INDÚSTRIA**

Trabalho final apresentado à Faculdade  
de Tecnologia – FT, Universidade Estadual de  
Campinas – UNICAMP, como requisito para  
conclusão do curso de Engenharia de  
Telecomunicações

Orientador: Marcos Augusto Francisco Borges

Limeira

2019

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus pelo dom da vida, mas agradeço mais ainda pela minha família e em especial minha mãe, Marcia Neves. A minha essência veio dela, o meu orgulho é ela e minhas vitórias serão para ela - e nunca serão suficientes para agradecer tudo que já fez por mim.

A minha Vó e meu Pati não tenho nem palavras para agradecer e falar também o quanto amo e admiro. Aos Neves, pelo apoio, incentivo e por ser essa família incrível.

A UNICAMP, ela só não me deu uma profissão, ela ajudou a me moldar como ser humano - como superar minhas falhas e desafios, e enaltecer as minhas qualidades. Me deu saudades para a vida toda, amigos maravilhosos e me trouxe um companheiro para vida- Rafael.

E por fim ao professor Marcos Borges, por ter aceito nosso convite de nos orientar, por toda paciência e ensinamentos - Obrigada.

Karoline Neves Rocha

*“Faça o teu melhor, na condição que você tem, enquanto você não tem condições melhores, para fazer melhor ainda”*

*(Mario Sergio Cortella)*

*“First, think. Second, dream. Third, believe. And finally, dare.”*

*(Walt Disney)*

## RESUMO

Com a economia globalizada e com grande busca pela competitividade no mercado, as indústrias, atualmente, buscam cada vez mais a excelência operacional em seus diversos setores. Extrair o máximo da eficiência dos recursos investidos na manufatura ganha cada vez mais importância dentro das organizações, sendo uma das peças chave para o cumprimento do plano estratégico e sobrevivência das empresas. Este projeto aborda ferramentas e metodologias utilizadas para alcançar a excelência operacional. O trabalho apresenta um levantamento bibliográfico de cinco ferramentas entre as mais empregadas quando se fala de gestão de melhoria contínua: *Lean Manufacturing*, *Six Sigma*, Teoria das restrições, TQM (*Total Quality Management*) e WCM (*World Class Manufacturing*). Em seguida, mostra algumas dessas ferramentas sendo empregadas em projetos implementados em indústrias de setores diferentes do mercado. O objetivo do trabalho é mostrar o potencial e a flexibilidade dessas metodologias e ferramentas, ilustrando como são aplicadas de forma independente da área em que a equipe vai aplicar ou setor do mercado que a empresa se encontra.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*; Seis Sigma; TQM; Processos; WCM; TOC.

## **ABSTRACT**

With the globalized economy and the great pursuit of market competitiveness, industries today are increasingly seeking operational excellence in their various sectors. Maximizing the efficiency of the resources invested in manufacturing is becoming increasingly important within organizations, being one of the key pieces for the fulfillment of the strategic plan and survival of companies. This term paper addresses the tools and methodologies used to achieve operational excellence. The term paper presents a bibliographic survey of five tools among the most used when it comes to continuous improvement management: Lean Manufacturing, Six Sigma, Constraint Theory, TQM (Total Quality Management) and WCM (World Class Manufacturing). It then shows some of these tools being employed in projects implemented in industries in different sectors of the market. This term paper aims to show the potential and flexibility of these methodologies and tools, illustrating how they are applied independently of the area in which the team will apply or market sector that the company is in.

Keyword: Lean Manufacturing; Six Sigma; TQM; Process; WCM; TOC.

## Sumário

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....                                            | 7  |
| 2. EMBASAMENTO TEÓRICO .....                                   | 8  |
| 2.1 Six Sigma.....                                             | 8  |
| 2.2 Teoria das Restrições .....                                | 11 |
| 2.3 Gerenciamento de Qualidade Total.....                      | 14 |
| 2.4 <i>Lean Manufacturing</i> .....                            | 16 |
| 2.4.1 Fundamentos do Sistema Toyota de Produção .....          | 19 |
| 2.4.2 Conceituando o desperdício.....                          | 22 |
| 2.5 WCM ( <i>World Class Manufacturing</i> ) .....             | 25 |
| 2.6 Semelhanças entre as metodologias .....                    | 25 |
| 3. FERRAMENTAS IMPLEMENTADAS (ESTUDOS DE CASOS) .....          | 27 |
| 3.1 Estudo de caso I – <i>Lean</i> , TQM e WCM (Sonoco) .....  | 27 |
| 3.2 Estudo de caso II – <i>Lean</i> e Seis Sigma (Sonoco)..... | 30 |
| 3.3 Estudo de caso III – Seis Sigma (Sonoco) .....             | 32 |
| 3.4 Estudo de caso IV – DMAIC (Empresa B).....                 | 32 |
| 4. DISCUSSÃO .....                                             | 36 |
| 5. CONCLUSÃO .....                                             | 37 |
| REFERÊNCIAS .....                                              | 38 |

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, as empresas, principalmente do setor industrial, buscam se tornar cada vez mais competitivas, tendo em vista a grande disputa por mercado. Uma das alternativas mais recorrentes é a implantação de uma gestão focada em melhoria contínua, geralmente atuando em quase todos os setores da empresa.

Para a prática desse tipo de gestão, é necessário que a alta direção da companhia possua uma visão geral da manufatura, para reconhecer as lacunas dos seus processos e as deficiências práticas que levam a indicadores ruins.

Muitas vezes, essa nova administração é focada em projetos de redução de custos e desperdícios de fabricação, aumentando a eficiência da produção e obtendo indicadores melhores em todos os âmbitos do contexto em que está sendo aplicada. Existem inúmeras ferramentas que são aplicadas juntamente com a implementação desse tipo de gestão, que serve como facilitadoras e diretrizes para alavancar os projetos de melhoria e, por conseguinte, os indicadores da empresa.

Por anos, as organizações têm utilizado centenas de metodologias e ferramentas distintas para a solução de problemas, todas elas com seu grau de eficácia, dependendo de vários fatores.

O objetivo deste trabalho é mostrar o potencial de algumas dessas ferramentas através de estudos de casos mostrando suas aplicações em empresas reais no mercado. Este projeto consiste no estudo de quatro ferramentas e metodologias aplicadas principalmente na indústria para desenvolvimento de processos, projetos e melhoria contínua: Seis Sigma, *Lean*, Teoria das Restrições, Gerenciamento de Qualidade Total e Manufatura de Classe Mundial.

Este texto está organizado da seguinte forma: primeiro será feito uma revisão bibliográfica das ferramentas citadas acima, mostrando a origem histórica, conceitos principais e estrutura empregada para aplicação. Logo após serão apresentados estudos de caso, exibindo a maneira em que as ferramentas foram inseridas em projetos de melhoria de áreas e setores diferentes do mercado, e expondo os indicadores que foram impactados.

## 2. EMBASAMENTO TEÓRICO

Alguns fatores relacionados a falta de sucesso em uma empresa estão relacionados a falta de gestão e visibilidade geral dos processos, a falta de padronização operacional e a inflexibilidade para atender a demanda dos clientes.

Uma das principais alternativas para mitigar esses itens é investir em profissionais atuantes em projetos e atividades para a melhoria dos processos. Para isso, é necessário conhecer os principais tipos de desperdícios, os indicadores que mais impactam na eficiência do processo e as principais falhas de qualidade.

Para melhorar essa performance, é necessário se obter uma visão geral atual da manufatura para conhecer os *gaps* e outra futura com objetivos e planos de ações voltados aos pontos a serem melhorados, com base na realidade do mercado para atuações eficientes nas operações e consequentemente tendo reduções de custos. Para isso, existem várias metodologias e ferramentas de processo, podendo-se destacar entre elas Seis Sigma, Teoria das Restrições, Gerenciamento de Qualidade Total, *Lean Manufacturing* e Manufatura de Classe Mundial. Esses métodos foram escolhidos por serem pioneiros nas áreas onde foram aplicados, pelo grau de atuação nas empresas atualmente e porque a partir deles foram criadas diversas vertentes que são empregadas hoje em vários setores do mercado.

### 2.1 Seis Sigma

A metodologia Seis Sigma é uma ferramenta para aumento da qualidade de um produto ou processo e a redução da sua variabilidade estatística, se baseando em uma série de filosofias e técnicas, que coordenadas adequadamente, consegue trazer rápidos resultados. É um recurso processual altamente quantitativo, focada no aumento da efetividade de um processo e da satisfação do cliente, resultando consequentemente no aumento da lucratividade do negócio. (FIGUEIREDO, 2006). Para Harry et. Al (1998):

*“Seis Sigma é um processo de negócio que permite às organizações incrementar seus lucros por meio da otimização das operações, melhoria da qualidade e eliminação de defeitos, falhas e erros. A meta dos Seis Sigma é alcançar os Seis Sigma de qualidade. Seis Sigma está relacionado à melhoria da lucratividade. Organizações que implementaram Seis Sigma, fazem isso*

As origens do Seis Sigma se remetem a um *benchmarking* idealizado pelo engenheiro Mickel Harry, realizado na Motorola na década de 1980, quando a empresa buscava aumentar a qualidade dos produtos vendidos e, conseqüentemente, as vendas, já que a empresa estava ficando defasada em relação a seus concorrentes estrangeiros. O *benchmarking* consistia em comparar as empresas com alto índice de satisfação dos clientes (mais conhecidas como “*best-in-class*”), com as empresas medianas. O resultado das “*best-in-class*”, foram próximos de 3,4 falhas por milhão, essa é a definição estatística para um processo com nível seis sigmas de capacidade. O termo  $6\sigma$  determina uma medição de 3,4 defeitos por milhão de eventos ou 99,99966% de excelência no processo (DOMENECH, 2005)

Sigma ( $\sigma$ ), décima oitava letra do alfabeto grego, é atribuída a uma medição de variação (desvio padrão), ou distribuição em torno de uma determinada meta de um processo ou procedimento. Quanto maior o “nível sigma”, de uma empresa, maior seu nível de qualidade. A partir de 1993, a Motorola estabeleceu como meta de qualidade dos seus produtos o  $6\sigma$ . A Tabela 1 apresenta diferentes “níveis sigma” e valores associados em qualidade, erros, defeitos e custos.

Tabela 1: Escala Sigma

| Nível Sigma                 | Nível da qualidade (%) | Taxa de erro (%) | Defeitos por milhão de oportunidades (DPMO) | Custo da não qualidade (% do faturamento) |
|-----------------------------|------------------------|------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>1<math>\sigma</math></b> | 30,9                   | 69,1             | 691,462                                     | Não se aplica                             |
| <b>2<math>\sigma</math></b> | 69,1                   | 30,9             | 308,538                                     | Não se aplica                             |
| <b>3<math>\sigma</math></b> | 93,3                   | 6,7              | 66,807                                      | 25 a 40                                   |
| <b>4<math>\sigma</math></b> | 99,38                  | 0,62             | 6,21                                        | 15 a 25                                   |
| <b>5<math>\sigma</math></b> | 99,997                 | 0,023            | 233                                         | 5 a 15                                    |
| <b>6<math>\sigma</math></b> | 99,99966               | 0,0034           | 3,4                                         | <1                                        |

Fonte: elaborado pelos autores, 2019.

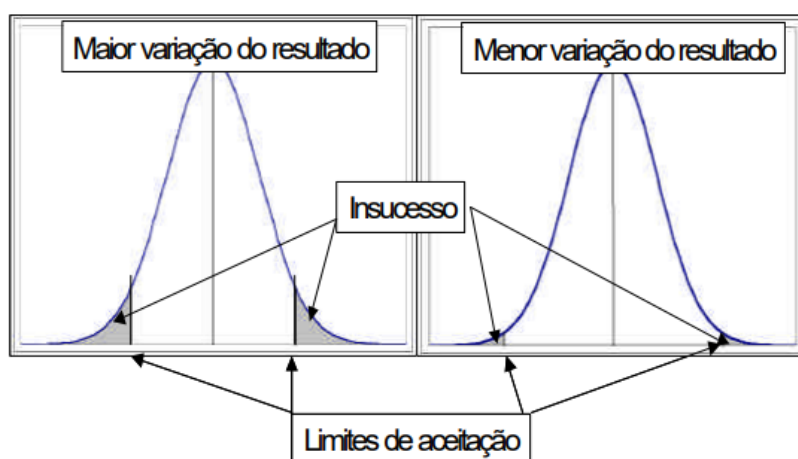
Outra forma de descrever a capacidade sigma do seu processo é através da normal reduzida, intitulada pela letra “z”. Os valores de z são baseados em uma distribuição normal padrão, que permitem alcançar um valor aproximado para comparação de capacidade de um processo. Para determinar o valor da capacidade sigma de um processo, é preciso calcular duas variáveis de z: de curto prazo (usando o desvio padrão interno do processo) e de longo prazo (usando o desvio padrão global do processo). Estudos conduzidos por especialistas, revelaram que esse deslocamento entre os dois modos de z não costumam ser superior a 1,5 sigma. (DOMENECH, 2005)

Uma variação qualquer no processo pode causar uma variação no produto, gerando muitas vezes um defeito, causando a insatisfação do cliente, sendo ele interno ou externo. Se uma empresa consegue reduzir a média de desvios dos seus produtos, gerará menos desperdícios, terá um processo padronizado, e consequentemente trará economia de custos.

Após seu surgimento, o Seis Sigma foi sendo implementado na Motorola e foi trazendo rápidos resultados. Em 1991, a empresa recebeu o prêmio nacional dos EUA de qualidade - Malcolm Baldrige – e, em seguida, passou a ser reconhecida mundialmente pelos parâmetros de qualidade seguidos nas suas linhas de produção. Como resultado, a empresa teve um ganho de US\$2,2 bilhões entre o final da década de 80 e o início da de 90. Ainda nos anos 90, Jack Welch – ex Vice-Presidente mundial da GE (General Electric) – deu o início do programa Seis Sigma, sendo como alavanca principal para tirar a empresa do estado de semifalência, a experiência não foi só importante para a GE mas também ampliou e popularizou o enfoque da ferramenta, mostrando sua capacidade e encorajando outras empresas nos anos subsequentes a adotar a metodologia.

O objetivo de qualquer processo em uma empresa é antecipar o resultado que será obtido na saída. Quando aplicado Seis Sigma, é possível que essa meta seja alcançada, uma vez que o objetivo é poder identificar e controlar as principais variáveis que influenciam o resultado, de forma que o processo tenha mais estabilidade e gere mais lucros.

Figura 1 - Comparativo da probabilidade de falhas em função da variação do processo.



Fonte: (GLSS, 2018)

O Seis Sigma é baseado no uso de técnicas estatísticas que são utilizadas seguindo um roteiro dividido em cinco fases, chamado DMAIC (Definir, Medir, Analisar,

Melhorar e Controlar). A Tabela 2 exemplifica cada fase e as ferramentas que auxiliam no seu desenvolvimento.

Tabela 2: Ferramentas do DMAIC

|                  | QUESTÕES CHAVE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | FERRAMENTAS                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Definir</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quem é meu cliente?</li> <li>• O que é crítico para ele?</li> <li>• Qual é o escopo?</li> <li>• Qual defeito estou tentando reduzir?</li> <li>• Em quanto? (meta realista e apropriada)</li> <li>• Quais são os custos atuais dos defeitos.</li> </ul>                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enunciado do problema</li> <li>• VOC</li> <li>• Mapeamento do processo</li> <li>• Flowdown</li> <li>• Análise KANO</li> <li>• Contrato do projeto</li> </ul>                                                        |
| <b>Medir</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual é o Y do projeto e como ele está relacionado com o GRANDE Y?</li> <li>• Quais são os limites de especificação e o alvo?</li> <li>• Definir o defeito, unidade e oportunidade.</li> <li>• Quais dados preciso para o Y?</li> <li>• Minhas habilidades para medir é boa o suficiente?</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definição operacional, diagrama de árvore</li> <li>• Mapeamento do processo detalhado</li> <li>• Brainstorming</li> <li>• Pareto</li> <li>• Ishikawa, matriz, 5 porquês</li> <li>• Análise de capacidade</li> </ul> |
| <b>Analisar</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• O que causa variabilidade no Y?</li> <li>• Algum concerto rápido?</li> <li>• Quais são os Xs principais? Como você sabe?</li> <li>• Qual é o teste estratégico para relacionar os Xs ao Y?</li> <li>• O problema definido mudou?</li> <li>• O que esta sendo aprimorado?</li> </ul>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação de mapa de processo</li> <li>• Matriz de causa e efeito</li> <li>• Ferramentas gráficas</li> <li>• FMEA</li> <li>• Teste de hipóteses</li> <li>• Multi Vari-chart</li> </ul>                              |
| <b>Melhorar</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual é o relacionamento entre Y e os Xs?</li> <li>• Quais são os cenários corretos para os Xs?</li> <li>• Qual é o melhor fluxo de processo?</li> <li>• Pilotar e confirmar resultados experimentais</li> <li>• Quão sensível é o Y para as mudanças no X?</li> </ul>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação de mapa de processo</li> <li>• Gráfico de interação</li> <li>• Simulação/piloto/testes</li> <li>• Poka-Yoke</li> <li>• Pensamento criativo</li> <li>• Otimização</li> </ul>                               |
| <b>Controlar</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Como os ganhos serão mantidos?</li> <li>• Quanto tempo é exigido para validar os ganhos financeiros?</li> <li>• Qual é a nova capacidade do processo?</li> <li>• Quais são os resultados financeiros finais?</li> <li>• Foi identificado algum processo similar?</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plano de controle</li> <li>• Gráficos de controle</li> <li>• Teste de hipóteses</li> <li>• FMEA</li> </ul>                                                                                                          |

Fonte: (AUCTUS, 2018)

O Seis Sigma se apoia em uma estrutura de gerenciar projetos. A fase inicial dos projetos tem como propósito determinar os objetivos qualitativos e quantitativos, com foco no retorno financeiro que os resultados proporcionarão. Antes disso, é formada uma equipe de execução e acompanhamento do projeto, geralmente liderada por pessoas capacitadas e devidamente treinadas em Seis Sigma.

A meta dos projetos sempre tem em vista um objetivo financeiro pré-definido. Além disso, é importante que esses ganhos estejam alinhados com a alta direção da organização para que a equipe tenha um patrocínio muitas vezes vindo como investimento (KESSLER, 2004).

Geralmente quando se faz um projeto Seis Sigma é utilizado um software estatístico chamado Minitab<sup>1</sup>. O Minitab tem como principal objetivo ajudar na análise dos dados. O Minitab é uma planilha de dados com funções adaptadas às necessidades de um projeto Seis Sigma, capaz de identificar tendências e padrões, inserir e manipular dados e fazer simulações.

<sup>1</sup> Mais informações disponíveis em : <https://www.minitab.com>

## 2.2 Teoria das Restrições

Na década de 70, o físico israelense Eliyahu Moshe Goldratt foi chamado por uma empresa para auxiliar no gerenciamento de sua gestão. Goldratt não possuía nenhum conhecimento em administração, porém era especialista em processos de raciocínio aplicado a física, e aceitou a proposta de melhorar os indicadores daquela companhia (DETTMER, 1997).

Ele analisou as principais deficiências que aquela organização possuía e chegou à conclusão que a logística interna de produção e as metodologias utilizadas até então para gerenciá-la não apresentavam nenhum sentido lógico. O físico elaborou seu próprio método de gerenciamento da produção, que foi implementado e muito bem-sucedido. Em seguida, outras empresas se interessaram pela metodologia. Goldratt decidiu, então, desenvolver melhor o método a fim aplicá-lo em outras organizações que se mostraram interessadas pelo seu trabalho (DETTMER, 1997). A Teoria das Restrições (no inglês *Theory of Constraints - TOC*) foi criada nesse contexto.

Goldratt na metade da década de 80, lançou um livro (“A Meta”) (GOLDRATT, 1984) que fala da TOC como evolução dos padrões de gestão de empresas que eram praticados na época e que para eles eram atrasados. Ele define, no livro, como restrição de um sistema, qualquer coisa que impede o mesmo de desenvolver seu desempenho em relação a meta definida, ou seja, um fator que restringe a evolução do sistema como um todo, conceito também conhecido como “gargalo” (do inglês *bottleneck*).

Uma restrição é qualquer coisa que impeça a organização de progredir em direção a sua meta. Os gargalos, como normalmente são chamados no piso de fábricas, podem assumir várias formas além do equipamento. Alguns tipos de restrições citadas por Goldratt, são exemplificados na Tabela 3.

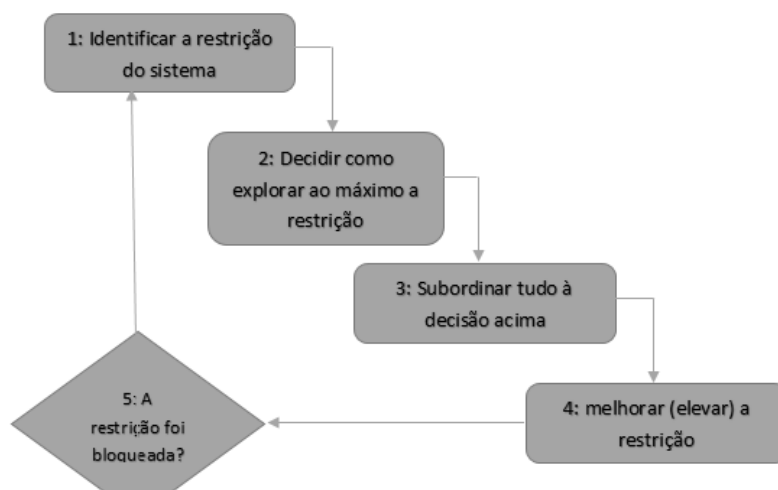
Tabela 3: Tipos de restrições

| Restrição       | Descrição                                                                                                                                     |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Física</b>   | Geralmente equipamentos ou outros itens tangíveis, como falta de matéria prima, espaço ou efetivo.                                            |
| <b>Política</b> | Padrões obrigatórios ou recomendadas de trabalho. Procedimentos impostos pela empresa, contratos sindicais ou regulamentações governamentais. |
| <b>Cultural</b> | Hábitos ou crenças enraizados na cultura da companhia.                                                                                        |
| <b>Mercado</b>  | Ocorre quando a capacidade de produção.                                                                                                       |

Fonte: (Lean Production)

O conceito básico da TOC está na concepção de causa e efeito e na relação de dependência dos elementos de um sistema. Como cada elemento de um sistema depende do outro, o desempenho global está relacionado ao desempenho do conjunto como um todo e não do desempenho individual e isolado de um elemento, descartando desta forma o ótimo local (GOLDRATT, 1984).

Figura 2 - Etapas do processo de otimização contínua da TOC



Fonte: (SEGET, 2009)

Segundo Corbett (1997), “todo sistema deve ter pelo menos uma restrição, se não houvesse algo que limitasse o desempenho do sistema, este seria infinito, uma vez que nada impediria a evolução constante em relação a meta.” A partir desse raciocínio, surgiu o processo de otimização contínua da TOC, que tem como direção a meta global da companhia e é composto por cinco etapas, conforme a figura abaixo:

A TOC confronta as metas da contabilidade gerencial com as das gerências de produção e vendas. Quando a metodologia estipula uma meta para a companhia, está inerente a visão de integração dos objetivos, baseada em uma meta global a ser atingida, com todos os setores da empresa trabalhando para alcançá-la. (PACHECO, 2013)

Outro ponto a se destacar é em relação a otimização de processos. A TOC afirma que um investimento de melhoria contínua em uma linha ou processo inteiro só se justificará se trouxer ganhos ao sistema como um todo e estiver caminhando em direção a meta da empresa. (PACHECO, 2013)

Se comparado com o TQC (do inglês *Total Quality Control*), é possível observar que as duas têm visões distintas, porque o TQC foca na eliminação de desperdícios e

elevação de todo o processo, enquanto a TOC requer que o foco seja na restrição, não observando os demais processos. (GOLDRATT, 1984)

Um ponto muito importante da TOC é o método TPC (Tambor-Pulmão-Corda, do inglês DBR - Drum Buffer Rope). O TPC busca sincronizar a produção com a restrição, minimizando o inventário e o trabalho em andamento. Pode-se descrever cada um dos elementos como:

- a. Tambor seria a programação da restrição. A velocidade na qual a restrição é executada define a “batida” do processo como um todo e determina o *throughput* total do processo;
- b. Pulmão é o nível de estoque necessário para manter a produção consistente. Ele assegura que flutuações no processo não afetem a restrição. O pulmão é medido em horas, geralmente. A duração é influenciada pela velocidade dos outros recursos e pela variação do tempo de respostas das operações. Quanto mais variação houver no processo, maior o pulmão. Normalmente existem dois pulmões no processo, o de restrição (aplicado antes da restrição, protegendo-a de qualquer variabilidade anterior, dado que ela é quem define a capacidade do processo) e o do cliente (localizado no final do processo, protegendo o prazo de envio);
- c. Corda garante que uma certa quantidade de estoque chegará na restrição. Isso faz com que mantenha a produtividade sem criar um acúmulo de estoque em excesso (Lean Production). Portanto, a corda irá puxar a produção no ritmo ditado pelo tambor, para que abasteça o pulmão.

O TOC é considerado uma filosofia gerencial com foco em identificar e solucionar restrições em processos produtivos. O TOC defende que as restrições determinam o desempenho de uma empresa, o que, em última instância, significa lucro.

### 2.3 Gerenciamento de Qualidade Total

O Gerenciamento de Qualidade Total (*Total Quality Management –TQM*) é uma estrutura de gestão que defende que uma companhia pode construir o sucesso a longo prazo tendo todos os seus colaboradores, do chão de fábrica até os diretores, focados na melhoria de qualidade, o que irá refletir em uma maior satisfação do cliente. Esse sistema de gestão requer que as organizações se concentrem na melhoria contínua, ou *kaizen*. Concentra-se nas melhorias de processo a longo prazo, em vez dos ganhos a curto prazo.

Sua origem é datada de 1920, quando a estatística foi aplicada ao controle de qualidade em um ambiente industrial. Walter A. Shewhart, engenheiro da *Western Electric e Bell Telephone Laboratories*, criou um estudo de controle estatístico que foi publicado em 1931. Seu método, chamado de ciclo de Shewhart, foi posteriormente mundialmente conhecido como ciclo de Deming, ou PDCA (MARTÍNEZ-LORENTE, DEWHURST e DALE, 1998).

Edwards Deming desenvolveu mais as ideias de Shewhart no Japão pós-guerra, onde o governo dos EUA o posicionou para orientar os líderes japoneses sobre os esforços de reconstrução ocorridos no final dos anos de 1940. Deming trabalhou com cientistas e engenheiros japoneses, focando sempre no controle estatístico de qualidade.

O método de Deming acabou se tornando conhecido entre as décadas de 1950 e 1960 como TQM. Muitos acreditam que esse tipo de gestão foi essencial para a recuperação econômica japonesa após a segunda guerra mundial, e se refletiu nos seus sucessos industriais depois da metade do século XX (ROUSE, 2019).

Organizações no mundo inteiro tomaram conhecimento do sucesso do TQM no Japão e produtores dos EUA ao longo dos anos de 1970 e 1980 adotaram o TQM, ou pelo menos alguma parte dele, como um método de gestão de qualidade para ajudá-los no referencial de competitividade no mercado global.

O objetivo do TQM é alcançar zero defeitos em todos os processos que são feitos na organização, ou seja, realizar um trabalho livre de erros. Para que se consiga alcançar esse objetivo, é necessário que todos os processos sejam feitos certo de primeira, todas as vezes. Um dos termos comuns usados no TQM é “acertar na primeira vez, toda vez.” O principal conceito é minimizar potenciais defeitos, mudando a forma como as pessoas realizam seus trabalhos.

Não existe um roteiro para aplicação do TQM, portanto não existem ações prescritas para implementar suas ferramentas e métodos. Cada companhia é livre para implantá-lo e adaptá-lo como achar mais adequado, o que leva a muitas definições do sistema. Apesar da falta de padronização em sua realização, é possível identificar os principais princípios, como (NICHOLS, 2019):

- a. Satisfação do cliente: todas as ações têm um único objetivo, alcançar a fidelidade e satisfação do cliente;

- b. Compromisso do colaborador: é necessário investir em treinamentos e capacitação dos funcionários para haver um retorno no controle de padronização dos processos;
- c. Tomada de decisão baseada em fatos: equipes coletando dados e processando-os para poder atender as especificações dos clientes;
- d. Comunicação eficaz: deve haver um diálogo aberto em toda a organização, para que todas as metas estejam bem esclarecidas;
- e. Pensamento estratégico: a qualidade deve fazer parte da visão de longo prazo de uma organização;
- f. Sistema Integrado: uma visão compartilhada entre os setores, incluindo o conhecimento e o compromisso com os princípios de qualidade, mantendo toda a companhia conectada. Isso envolve os fornecedores;
- g. Processo centralizado: deve desconstruir todas as atividades em processos, localizar o melhor, e tentar replicá-lo;
- h. Melhoria Contínua: todo funcionário deve estar sempre pensando em como realizar melhor seu trabalho.

Outro ponto que o TQM foca são nos custos da qualidade: deve-se identificá-los e eliminá-los. Os custos da qualidade podem aparecer por vários motivos, sendo que algumas instituições de qualidade consideram que alguns custos relacionados com qualidade não podem ser recuperados. Deming não tinha a mesma visão. Dentro do TQM existem quatro categorias de custos primários de qualidade (NICHOLS, 2019):

- a. Custos de avaliação: são custos de avaliações durante os testes que são realizados no decorrer do ciclo de produção;
- b. Custos de prevenção: os custos de prevenção incluem as adequações de áreas de trabalho para eficiência e segurança do processo, além de treinamentos e planejamentos adequados;
- c. Custos de falha externa: essa categoria é relacionada aos custos por problemas após o envio do produto para o cliente;
- d. Custos de falha interna: as falhas internas são os custos de problemas internos, durante o processo de fabricação.

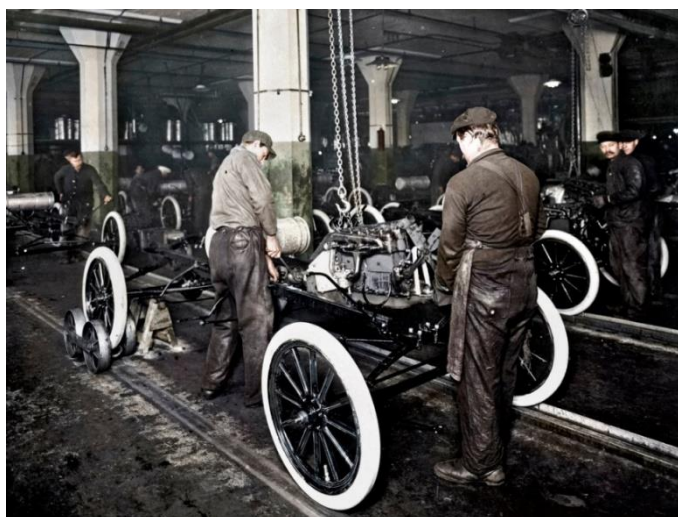
## **2.4. Lean Manufacturing**

Para entender como o termo Produção Enxuta e suas práticas surgiram é preciso relembrar a história da Indústria Automotiva, passando da produção artesanal à produção em massa e como se deu início a filosofia *Lean*.

A produção artesanal é considerada a primeira forma organizada de produção. Utilizando mão de trabalhadores qualificados e ferramentas simples e manuais, porém flexíveis, o produtor artesanal produzia exatamente o que o consumidor desejava: um item de cada vez. Algumas características como: determinação de preços para as encomendas, classificação por prioridades, estabelecimento de prazos de entregas e principalmente o fato de nenhum produto ser igual ao outro, pois existiam variações da própria técnica artesanal utilizada, definiam a produção artesanal na época pré-industrial. A ideia para a época era ótima, porém com dois problemas: tempo de produção e o custo.

É imprescindível citar Henry Ford quando se fala sobre produção em massa. Ford foi o fundador da Ford Motor Company e primeiro empresário a desenvolver e aplicar o sistema de linha de montagem de forma a produzir mais automóveis em menos tempo. O objetivo principal era reduzir ao máximo o custo de produção, que levaria a baixar o custo do produto de modo a atingir um maior número de consumidores. O sistema basicamente funcionava da maneira que cada funcionário produzia uma parte de cada um dos veículos, sem precisar se movimentar. Assim, diferentemente da produção artesanal, este tipo de sistema exigia mão de obra menos qualificada pois eram treinados para executar somente uma tarefa e não a montagem completa. Com suas vantagens, o sistema trazia também desvantagens, principalmente para os funcionários que executavam um trabalho repetitivo e não recebiam mais qualificações para outras funções.

Figura 3 - Imagem que representa o sistema de produção em massa.



Fonte: (VLASIC, 2013)

Produção Enxuta (o termo usado em inglês é *Lean Manufacturing*, ou simplesmente *Lean*) é o nome que se dá à filosofia e práticas desenvolvidas pelo Sistema

Toyota de Produção. O *Lean* nasceu no Japão, mais precisamente na Toyota. Após a segunda guerra mundial, o país precisava se reestruturar e a indústria japonesa sofria com baixa produtividade na sua linha de fábrica. O ponto de partida para melhoria era maximizar a eficiência na produção, identificar e eliminar o desperdício (aquilo que não agrega valor) através da melhoria contínua, com fluxo de material puxado, buscando qualidade total. Apesar das melhorias de produtividade realizada por Ford, se destacando de seus concorrentes, pois sua nova tecnologia realmente reduzia os custos de produção, o Fordismo, como era conhecido, entrou em declínio quando, em 1980, começou a surgir um novo sistema de produção mais eficiente, conhecido como Produção Enxuta ou Toyotismo. A Produção Enxuta teve como principal objetivo aumentar a produtividade, reduzindo o desperdício e atingindo uma maior qualidade. Seu conceito se espalhou pelo mundo e várias são as definições desta nova filosofia que estava surgindo:

*“O princípio-chave das operações enxutas é relativamente claro e fácil de entender – significa mover-se na direção de eliminar todos os desperdícios de modo a desenvolver uma operação que seja mais rápida, mais confiável, produz produtos e serviços de mais alta qualidade e, acima de tudo, opera com custo baixo. ” (SLACK, JOHNSTON e STUART, 2009)*

*“A busca é uma tecnologia de produção que utilize a menor quantidade de equipamentos e mão-de-obra para produzir bens sem defeitos no menor tempo possível, com o mínimo de unidades intermediárias, entendendo como desperdício todo e qualquer elemento que não contribua para o atendimento da qualidade, preço ou prazo requeridos pelo cliente. Eliminar todo desperdício através de esforços concentrados da administração, pesquisa e desenvolvimento, produção, distribuição e todos os departamentos da companhia. ” (SHINOHARA, 1988)*

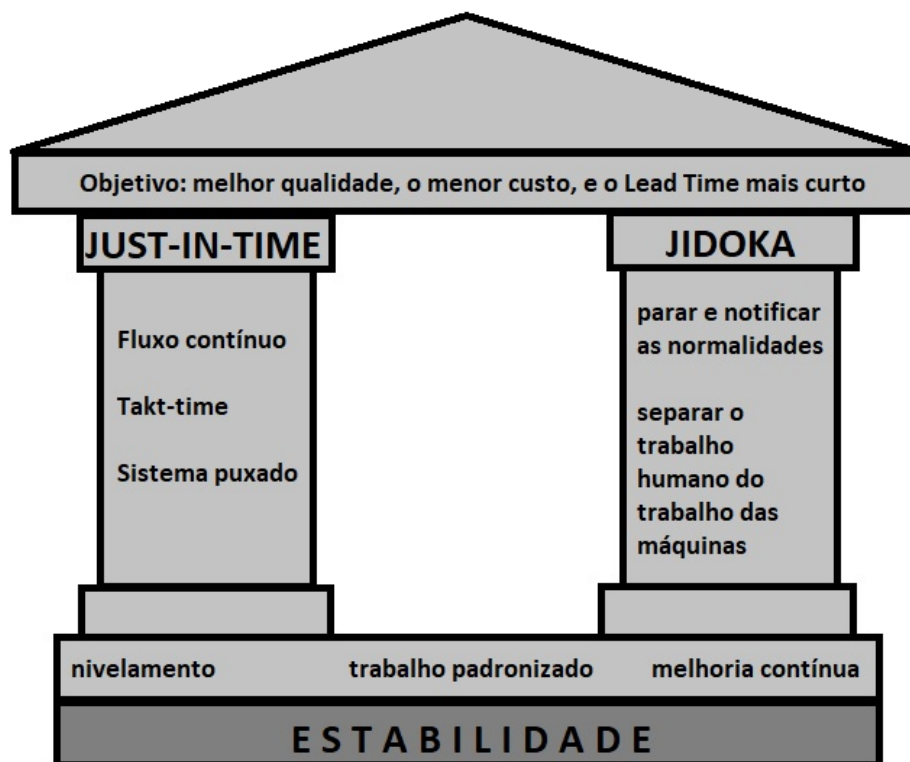
*“A eliminação de desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos; a ideia básica é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida.” (OHNO, 1997)*

Taiichi Ohno, engenheiro da Toyota, é considerado o principal responsável pela criação do Sistema Toyota de Produção. “Tudo o que fazemos é olhar para a linha do tempo, do momento em que o cliente nos dá um pedido até quando recebemos o pagamento. E estamos reduzindo este tempo removendo os desperdícios” (OHNO, 1997). Ohno (1997) definiu desperdício como qualquer atividade que consome recursos, adicionando custos e que não gera qualquer valor ao produto desejado pelo cliente.

#### 2.4.1 Fundamentos do sistema Toyota de produção

O sistema Toyota de produção foi estabelecido com base em anos de aplicações de melhorias contínuas, com o objetivo da produção rápida e eficiente. Sendo assim, o TPS foi estabelecido com base em dois conceitos: *Jidoka* e *Just-in-time*. Atualmente, o TPS tem como base o respeito as pessoas e o Kaizen.

Figura 4 - Representa os pilares do TPS.



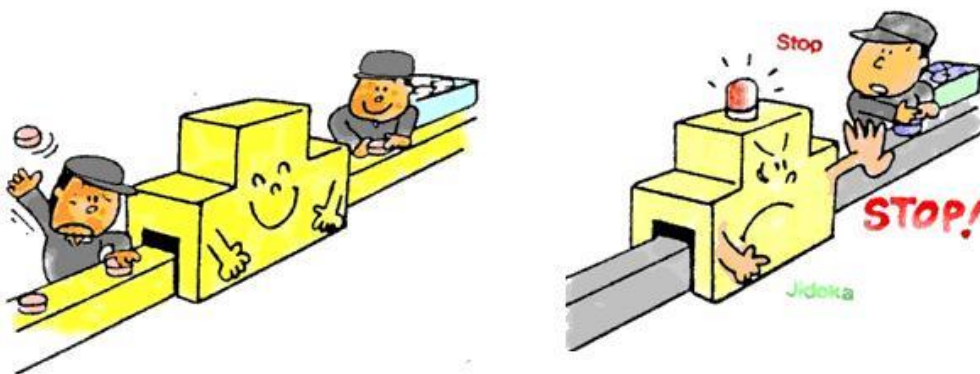
Fonte: (PICCHI, 2019)

Kaizen é uma palavra japonesa que significa mudança para melhor, seu principal conceito é a busca por melhoria contínua em todas as etapas do processo da empresa – desde a produção até a entrega ao cliente. A premissa básica do Kaizen é muito simples: “hoje melhor que ontem, amanhã melhor que hoje”. O objetivo principal é reduzir o custo e aumentar a produtividade, evitando desperdícios.

“*Jidoka*” que pode ser traduzido como “automação com um toque humano”: sua aplicação fornece tanto para as máquinas como para os operadores a capacidade de detectar problemas. Uma vez detectado, o trabalho é interrompido imediatamente, evitando que produtos defeituosos sejam produzidos; A *Jidoka* tem como principal objetivo fornecer para operadores e máquinas a capacidade de detectar alguma anomalia, e assim parar imediatamente a operação. Ele é chamado também de “automação com inteligência humana) pois os equipamentos recebem a habilidade de distinguir boas peças de ruins de forma autônoma, ou seja, não é necessário que um operador fique monitorando a máquina, ganhando então na produtividade, por exemplo. O *Jidoka*, consiste em quatro passos importantes (TOYOTA, 2019):

1. Detectar condição anormal;
2. Pare: Interromper o processo/máquina;
3. Corrigir ou concertar imediatamente a condição anormal;
4. Investigar e corrigir a causa raiz (esse último é de extrema importância, pois uma vez que a falha ocorre, é imprescindível o estudo da causa, para aplicar a melhoria e implementar um plano de ação para que a falha não aconteça de novo, além de uma visão para outras ações preventivas).

Figura 5 - Exemplo da utilização do Jidoka.



Fonte: (Tudo sobre Lean, 2011)

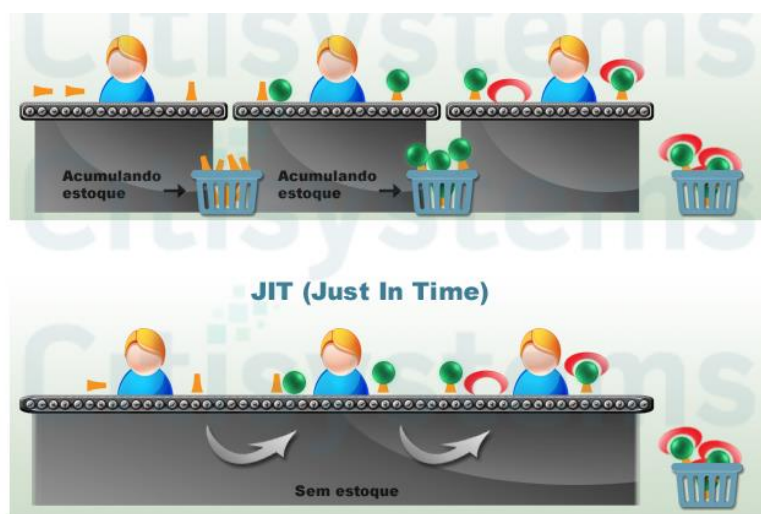
A implementação do *Jidoka* traz benefícios como:

- a. Identifica e elimina as causas dos desperdícios;
- b. Melhora a produtividade;
- c. O operador pode executar múltiplas tarefas que agreguem valor;
- d. Sustenta fluxos produtivos, contínuos e estáveis, evitando defeitos.

“*Just-in-Time*”: no qual cada processo produz apenas o que é necessário para o próximo processo em um fluxo contínuo. Com base nas filosofias básicas do *Jidoka* e *Just-in-Time*, o TPS pode produzir de forma eficiente e rápida que satisfaçam totalmente os requisitos do cliente (TOYOTA, 2019). Assim como o *Jidoka*, o JIT também representa um dos pilares para o TPS, é um sistema de gerenciamento na qual materiais ou produtos são produzidos ou adquiridos somente conforme a demanda exige. De forma resumida, o JIT tem a premissa de alocar a matéria prima, no tempo e na quantidade necessária. Os conceitos incluídos são: conceito de administração, gestão de materiais, projetos de produtos, recursos humanos, administração do trabalho, entre outros. Para implementação do *just-in-time* são necessárias algumas análises como:

1. Dominar os processos pertinentes;
2. Comprometimento da alta administração;
3. *Just in Time*: Conceito, Definição e Objetivos;
4. Realizar treinamento de funcionários.

Figura 6 - Demonstração de um processo de manufatura antes e depois do just-in-time



Fonte: (SILVEIRA, 2013)

Com a implementação do JIT as vantagens que trará ao processo serão:

- a. Redução do trabalho em processo
- b. Redução do espaço e manuseio
- c. Menos desperdícios e retrabalhos
- d. Melhor qualidade

Portanto o Just-in-Time traz como principal objetivo: fazendo apenas "o que é necessário, quando é necessário e na quantidade necessária. “ (TOYOTA, 2019)

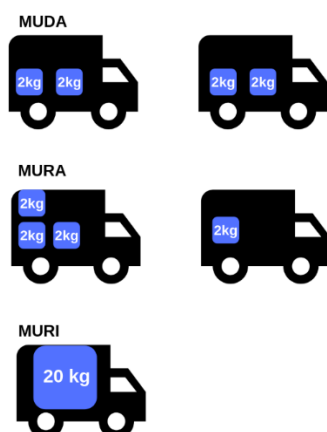
A melhoria contínua ou também conhecido como Kaizen, também é um dos principais pilares do *Lean*. Kaizen (do japonês significa, “melhoria” ou “mudança para melhor”). O sistema de produção da Toyota foi baseado no conceito de aperfeiçoamentos constantes e encorajamento nas mudanças, em operações que são realizadas constantemente.

#### **2.4.5. Conceituando o desperdício**

O Sistema de produção *Lean* nasceu na recusa de aceitar desperdícios. Existem três termos que são utilizados no Sistema Toyota de Produção, que tem como objetivo descrever algumas práticas dentro da produção que geram desperdícios. Esses termos são: *Muda*, *Mura* e *Muri*, também conhecidos como os “3Ms”. A Figura 7 ilustra esses três desperdícios.

- a. *Muda*: qualquer atividade de um processo administrativo ou produtivo que consuma recursos e não gere valor para o cliente, ou seja, é uma atividade improdutiva que gera desperdícios, provocando a necessidade de ter que reduzir os recursos para aumentar a rentabilidade;
- b. *Mura*: é definido como o desperdício da inconsistência ou desigualdade, neste conceito é gerado uma sobrecarga em alguns recursos, enquanto outros esperam. Consequentemente o processo se torna mais imprevisível e irregular;
- c. *Muri*: refere-se ao desperdício da sobrecarga. Para as pessoas, sobrecarga física ou mental e para as máquinas produzirem além de suas capacidades.

Figura 7 - Representação dos desperdícios: *Muda* representando o desperdício, *Mura* representando a falta de equilíbrio e *Muri* a sobrecarga.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019

Ohno desenvolveu o conceito dos sete desperdícios em seu ciclo de produção: Produção em excesso, espera, processamento desnecessário, estoque, transporte, movimentação e correção. Um último desperdício, intelectual, foi adicionado recentemente por alguns autores da. Todos esses desperdícios estão ligados diretamente com a ideia do muda, ou seja, tudo aquilo que utiliza recursos e não agrega valor (desperdício).

Figura 8 - Representação dos 8 desperdícios



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019

De uma maneira sucinta, abaixo uma descrição do significado de cada desperdício apresentado na Figura 8.

- a) Produção em excesso: é considerado o pior tipo de desperdício, pois geralmente outros vão estar atrelado a ele. Trata-se da superprodução, ou seja, a empresa produz mais do que precisa para atender o cliente. Gerando estoques, processamentos, tempo de espera, acaba utilizando recursos desnecessariamente;
- b) Estoque: nas empresas, estoque também significa custos adicionais, o excesso dele pode ocultar problemas relacionados ao chão de fábrica e principalmente consumir o espaço produtivo;
- c) Transporte: assim como o estoque, esse tipo de desperdício em excesso pode trazer gastos desnecessários que inclui movimentações de uma área para outra sem necessidade, manuseios e movimentos excessivos, transportes desnecessários;
- d) Defeitos e Retrabalhos: é um dos defeitos que aparecem com mais frequência nas organizações, processos que não seguiram a especificação do cliente ou não estão bem definidos, podem gerar esse tipo de desperdício, fazendo com que tenha que gastar o tempo e recurso para retrabalhar, refazer ou até mesmo recomeçar o processo;
- e) Processo desnecessário: basicamente são etapas extras no processo, exemplo inspeção final do lote do produto, sendo que em algum momento do processo esse produto já foi testado;
- f) Espera: é considerado um desperdício quando o processo não segue um fluxo contínuo, ou seja, existe uma espera em alguma etapa do processo, seja na espera de um material ou no transporte;
- g) Movimentos desnecessários: está conectado a qualquer movimento extra que o operador deve fazer para executar a ação e que no final não agregue valor algum na operação;
- h) Intelectual: é também considerado o desperdício das habilidades/criatividades não utilizadas, gerando perde de tempo e oportunidades de aprendizados.

## **2.5 Manufatura de Classe Mundial (*World Class Manufacturing* - WCM)**

A primeira citação do WCM foi pelo autor Richard Schonberger, em 1986, no livro “World Class Manufacturing: The Lessons of Simplicity Applied”. A ideia de

Schonberger era juntar os conceitos de JIT, TQM e TPS em uma única estrutura aplicável para grandes indústrias, com objetivo de aumentar o desempenho das organizações ao nível de classe mundial (RIBEIRO, 2014).

O WCM que é aplicado hoje no mercado, nasceu pela iniciativa do grupo FIAT, primeiramente com o objetivo de aplicar a metodologia somente nas fábricas de automóveis. (RIBEIRO, 2014)

O sistema de gestão do WCM é ministrado por dez pilares, divididos em dois formatos: cinco são aplicados a satisfação do cliente (segurança, implantação de custo, melhoria focada, manutenção autônoma e manutenção profissional) e cinco na excelência operacional (controle de qualidade, logística e atendimento ao cliente, gerenciamento precoce de equipamentos, desenvolvimento das pessoas e meio ambiente). (RIBEIRO, 2014)

A implementação do WCM é estruturada em três partes, que são executadas paralelamente, com objetivos diferentes e impactando setores distintos de uma empresa:

- Fundação dos pilares, padronização e organização de processos, engajamento de colaboradores nos projetos de melhoria focada e aplicação do mapa de fluxo de valores para identificação das tarefas que agregam valores;
- Investir em saúde e segurança, com objetivo de acidente zero e zero doenças ocupacionais. Essa segunda etapa visa também o estudo de risco de impacto no meio ambiente;
- A última etapa é focada na qualidade e controle do processo, fazendo com que mitigue os desvios de qualidade para melhorar a satisfação do cliente. Visando garantir um processo estável, com o mínimo de impacto sobre o cliente, com o menor custo possível. (SCHONBERGER, 1989)

## **2.6 Semelhanças entre as metodologias**

Com base nas descrições das metodologias acima, pode-se compará-las, identificando semelhanças e divergências. A Figura 9 resume os resultados dessa comparação.

Figura 9 – Quadro comparativo geral entre as ferramentas

|                               | <b>Teoria das Restrições (TOC)</b>                                                                                        | <b>Lean Manufacturing</b>                                                                               | <b>Seis Sigma</b>                                                                | <b>Gerenciamento de Qualidade Total (TQM)</b>                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Origem</b>                 | Goldratt (década de 80)                                                                                                   | Toyota (década de 70)                                                                                   | Motorola (década de 80)                                                          | W. Edwards Deming (década de 60)                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Estrutura de aplicação</b> | 1. Identificar a restrição<br>2. Explorar a restrição<br>3. Subordinar<br>4. Elevar a restrição<br>5. Retornar ao passo 1 | 1. Identificação de valor<br>2. Identificação do fluxo de valor<br>3. Fluxo<br>4. Puxar<br>5. Perfeição | 1. Definir<br>2. Medir<br>3. Analisar<br>4. Melhorar<br>5. Controlar             | a. Satisfação do cliente<br>b. Compromisso do colaborador<br>c. Tomada de decisão baseada em fatos<br>d. Comunicação eficaz<br>e. Pensamento estratégico<br>f. Sistema Integrado<br>g. Processo centralizado<br>h. Melhoria Contínua |
| <b>Foco</b>                   | Na restrição do sistema                                                                                                   | No fluxo                                                                                                | No problema                                                                      | Nas falhas de qualidade                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Pressupostos</b>           | Ênfase na velocidade e volume.<br>Os processos são interdependentes.                                                      | A remoção de desperdícios aperfeiçoará o desempenho da empresa.                                         | A saída do sistema é melhorada quando reduz-se a variação em todos os processos. | Alcançar zero defeitos em todos os processos que são feitos pela organização.                                                                                                                                                        |
| <b>Efeito primário</b>        | Ganho mais rápido                                                                                                         | Redução do tempo de fluxo                                                                               | Uniformidade dos processos                                                       | Mitigação dos principais modos de falhas de qualidade                                                                                                                                                                                |
| <b>Impacto financeiro</b>     | Melhoria dos ganhos                                                                                                       | Redução do inventário e custo operacional                                                               | Redução custo operacional                                                        | Redução de retrabalhos e devoluções                                                                                                                                                                                                  |

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019

### 3. FERRAMENTAS IMPLEMENTADAS (ESTUDOS DE CASOS)

As metodologias e ferramentas apresentadas no capítulo 2, são implementadas em diversas empresas no mundo todo. Neste trabalho foram conduzidos projetos vinculados a essas atividades, que foram aplicados em duas empresas, nas quais os autores deste trabalho são empregados, são elas: Sonoco e Empresa B.

A Sonoco, multinacional fundada em 1899, é uma das líderes mundiais do setor de embalagens, com mais de 300 plantas espalhadas em 33 países e 20 mil funcionários. (Sonoco Products Company) A planta onde os projetos que serão apresentados foram conduzidos localiza-se na cidade de Araras/SP e possui 250 colaboradores. Essa planta produz especificamente tubetes de papel, produto utilizado em processos de outras empresas.

A Empresa B é uma multinacional no ramo de hardware de computadores, que iniciou suas atividades em meados dos anos 80 e hoje contém aproximadamente 107 mil funcionários espalhados pelo mundo todo. Por causa de acordo de confidencialidade entre o funcionário e a companhia, não será divulgado a razão social da empresa B neste trabalho.

#### 3.1 Estudo de caso I – *Lean*, TQM e WCM (Sonoco)

Para que se possa aprofundar nos projetos da primeira companhia, é preciso entender a origem deles, o SPS (*Sonoco Performance System*). Portanto, o primeiro estudo de caso irá introduzir os conceitos do SPS, sua implementação e o motivo de ele estar vinculado aos outros estudos de casos já que ele é usado como base para futuras melhorias.

O SPS é uma abordagem sistêmica para a excelência operacional que está sendo implementado, em etapas, em todas as plantas da organização, desde 2009. O SPS surgiu em três plantas pilotos em Hartsville nos EUA. De maneira geral, é um processo que busca a melhoria contínua sustentável em todos os aspectos das operações, centrando-se nos fundamentos de fabricação através da educação e engajamento dos funcionários. É uma metodologia que foi inspirada no WCM.

A Sonoco criou o SPS para evitar que princípios básicos de fabricação se deteriorassem ao longo do tempo, levando a uma performance irregular. A empresa

considerou importante a implementação de um sistema de melhoria multi-setorial. Após analisar muitas indústrias, de inúmeros setores do mercado, com sistemas de melhoria contínuas empregados, o que mais pareceu adequado, pela sua versatilidade, foi o WCM. Há companhias que se destacam no seu ramo de mercado ou sobreviveram a grandes crises com gestão WCM. O SPS é uma adaptação do WCM, com aplicações de ferramentas do *Lean* e agregando implementações de projetos Seis Sigma.

Em 2009, o SPS foi aplicado em três plantas pilotos. Com resultados imediatos, desenvolveu-se um plano de expansão para outras plantas, mesmo as que ficam fora dos EUA.

Para distribuir melhor a gestão do programa, o SPS foi estruturado com base em sete pilares:

- a. **DTM (*Daily Team Maintenance* – manutenção diária pelo time)**: oferecer operadores com habilidades e conhecimentos para prevenir pró-ativamente quebras e eliminar problemas de qualidade causados por deterioração dos equipamentos e anormalidades;
- b. **5S**: processo usado para organizar e manter o ambiente de trabalho, a fim de melhorar a eficiência e segurança, reduzir o desperdício e eliminar atividades que não agregam valor;
- c. **Excelência em Manutenção (*Maintenance Excellence* – Excelência em manutenção)**: programa de manutenção sistemática para reduzir quebras e melhorar as habilidades de manutenção;
- d. **CSD (*Continuous Skills Development* – desenvolvimento contínuo de habilidades)**: promover um sistema educacional padronizado e consistente capaz de aumentar o nível de habilidades dos colaboradores e melhorar a satisfação no trabalho;
- e. **FI (*Focused Improvement* – melhorias focadas)**: processo de pensamento lógico focado na análise de solução de problemas com o objetivo de identificar e resolver problemas, eliminar perdas e reduzir de maneira geral custos de produção;
- f. **Gestão da Qualidade (*Quality Management*)**: metodologia sistêmica, baseada no TQM, para atingir zero defeitos de qualidade, buscando, identificando e eliminando as causas raiz;

- g. **Segurança** (*Safety*): sistema de segurança pautado na participação dos funcionários, que atue preventivamente na eliminação de riscos, possibilitando um ambiente livre de acidentes;
- h. **Suprimentos** (*Supply Chain*): processo utilizado para eliminar perdas de materiais no fluxo de informações a fim de melhorar serviços, custos, capital de giro, redução do lead-time e eliminar atividades sem valor agregado.

Figura 10 - Representação dos pilares que suportam o SPS.



Fonte: (SONOCO, 2018)

Como parâmetro de progressão, há uma comparação entre os níveis do SPS entre as plantas onde o mesmo é aplicado. No nível bronze, os pilares focam o trabalho somente em uma linha modelo, geralmente a que possui maior volume. No nível prata, o SPS abrange 50% da fábrica. Nos níveis ouro e platina todas as linhas da fábrica devem ser inseridas no programa.

Todos os pilares são auditados, em cada nível, seguindo os seus respectivos objetivos com metas de processos e indicadores. As auditorias são feitas no final do prazo pré-estabelecido pela matriz para que a planta consiga somar os pontos necessários para passar de fase. O SPS prevê os seguintes prazos para promoção entre os níveis: um ano e meio para alcançar a pontuação do bronze, um ano e meio para a prata, dois anos para a ouro e três anos para a platina.

O engajamento de toda a planta é essencial. Há um plano de expansão entre os colaboradores, pois, a partir da fase prata, a planta tem que estar com 100% dos funcionários engajados em algum pilar, projeto ou rotina relacionada ao SPS. Esse tipo de comprometimento é feito de “cima para baixo”, vindo da alta direção para o piso de fábrica, assim como o *Lean* recomenda.

A maior parte dos ganhos gerados pela aplicação do SPS, vem principalmente dos projetos de melhoria. Cada pilar deve apresentar um projeto de melhoria de produtividade a cada quadrimestre para o comitê diretivo do SPS na planta, comitê formado pela alta gerência e os líderes dos pilares. Esses projetos serão avaliados pelos ganhos quantitativos ou qualitativos, e acompanhados durante o período de um ano.

Após a implantação do SPS, os pilares foram formados e seus membros capacitados nos aspectos que o programa de melhoria iria propor. Os líderes tiveram treinamentos específicos em ferramentas de processos, como certificações *Green Belt Seis Sigma*, *Black Belt Seis Sigma* e *Lean Manufacturing*. Os operadores e demais colaboradores do chão de fábrica tiveram treinamento básicos em ferramentas que seriam adotadas no ambiente de máquina, como Kanban, 5S, Diagrama de Ishikawa etc.

Após os treinamentos, os líderes de cada pilar começaram a viabilizar projetos de média e alta complexidade para serem executados.

### **3.2 Estudo de caso II – Lean e Seis Sigma (Sonoco)**

Na Figura 13, pode ser visto o resultado de uma aplicação de 5S, fichas de limpeza e DTM, em uma das linhas de produção, mas também foram aplicados planos de manutenção preventiva, online e off-line, análises de causa-raiz usando diagrama de *Ishikawa*, *Jidoka*, SMED (*Single Minute Exchange of Die*) entre outras ferramentas. A mudança nítida na máquina e no ambiente de trabalho proporcionou uma melhora no desempenho da linha e dos colaboradores que trabalham nela, que se sentem mais satisfeitos em executar o serviço rotineiro. O engajamento dos operadores das máquinas é essencial para a manutenção dos resultados alcançados com os projetos, que por sua vez refletem nos indicadores da linha. Por exemplo, a linha da Figura 11, no período de um ano, teve sua eficiência global aumentando de 65% para 78%, equivalente à produção de 10 toneladas a mais por dia de produção.

Figura 11 - Antes e depois de uma das linhas de produção.

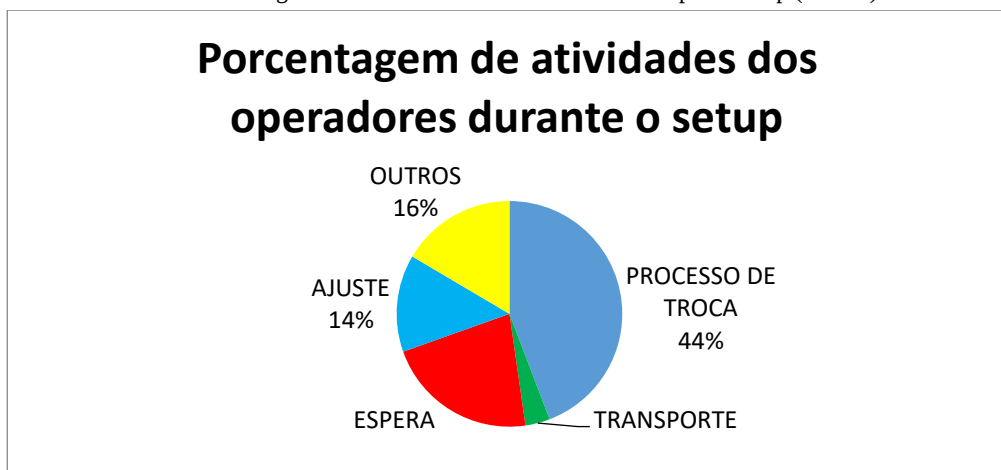


Fonte: (SONOCO, 2018)

Projetos com aplicação de Seis Sigma foram executados para melhoria nos inúmeros processos de fabricação, entre eles o projeto de redução do tempo de setup da principal linha. Dentro do projeto de redução do tempo de setup, foi aplicado o SMED na fase Medir e Ishikawa nas fases: Definir e Melhorar.

Na Figura 12 pode-se observar o estudo de tempo (SMED), usado no projeto de redução do tempo de *setup*. Observa-se que a porcentagem de tempo do setup que é gasto com espera e transporte é de 26%, o próximo passo então seria reduzir essa porcentagem e consequentemente reduziria o tempo do setup. O projeto foi concluído com a redução de 5 minutos em cada setup completo. Convertendo o ganho que foi obtido com tempo de máquina que foi disponibilizado através dessa melhoria, resultou num ganho anual de R\$12mil.

Figura 12 - Gráfico usado no estudo de tempo de setup (SMED)



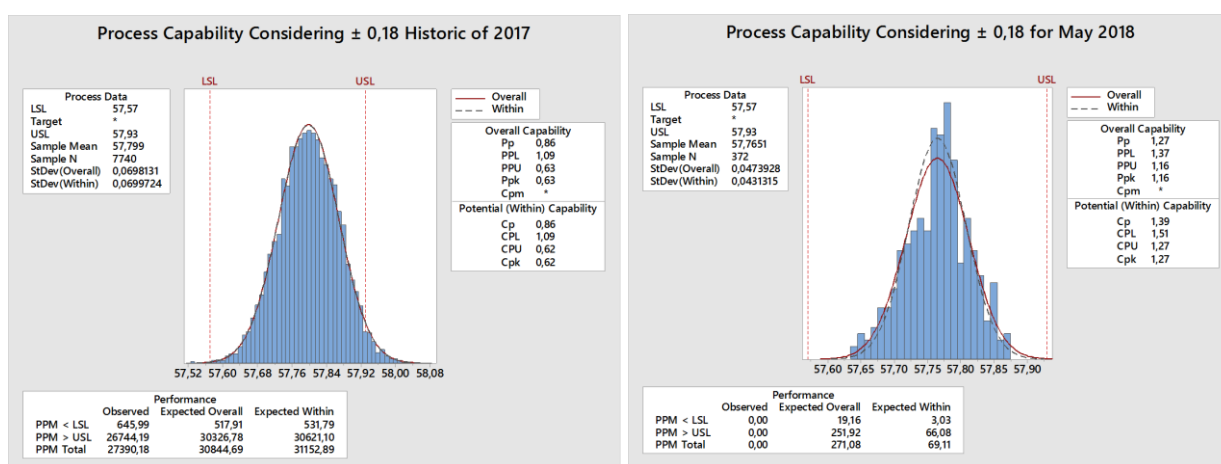
Fonte: (SONOCO, 2018)

### 3.3 Estudo de caso III – Seis Sigma (Sonoco)

Outro projeto, agora utilizando a metodologia Seis Sigma, foi realizado com aplicação do *software* Minitab e tinha como objetivo a redução da variação do comprimento dos tubetes em uma linha de acabamento. O projeto foi idealizado através de um plano de ação, devido a reclamações do cliente para o qual era fornecido o produto.

Após um projeto de 3 meses, com centenas de medições e aplicações estatísticas, conseguiu-se uma melhoria de variação de 30.326 PPM (peças por milhão) fora do padrão especificado, para 271 PPM. Os gráficos da figura 13 gerados no Minitab, mostram o resultado da melhoria obtida, comparando os resultados antes e depois que as medidas corretivas foram tomadas, em função do projeto Seis Sigma. Com a maior estabilidade de produção e mitigação de desvios de qualidade que os resultados do projeto trouxeram, o cliente teve confiança e aumentou o volume mensal do produto.

Figura 13 - Capabilidade do processo - antes e depois.Minitab



Fonte: elaborado pelos autores, 2019 no software Minitab versão 14.

### 3.4 Estudo de Caso IV – Seis Sigma e *Lean* (Empresa B)

Antes de ser apresentado o estudo de caso da empresa B, é importante ressaltar que a empresa se tornou líder no seu segmento devido a aplicação do *Just-in-Time*.

Este estudo de caso tem como principal cliente o time de Engenharia de Processos que tem como duas de suas principais metas: reduzir o tempo de ciclo e o custo da linha. O projeto que foi acompanhado por este estudo foi aplicado na estação de embalagem (um dos processos da Empresa B). Nesta subseção será ilustrado como as metodologias podem trazer ganhos significativos, alinhando-se sempre com os objetivos da empresa e do time que tem metas a cumprir.

Este estudo de caso utilizou-se das ferramentas de Seis Sigma e *Lean*, sendo que a organização das fases foi baseada no Seis Sigma.

Na fase Definir, foi definido o CTQ (crítico para a qualidade), o objetivo, as possíveis oportunidades e feito um mapa de processos, que foi essencial para identificar onde o projeto iria ser aplicado, pois foi nesse momento que foi possível identificar alguns desperdícios e aplicar as ferramentas para melhoria.

Para construir o mapa do processo, foi acompanhado cada estação de trabalho. A Figura 14 representa um resumo do mapa de processo. Com o processo de mapeamento foi possível identificar que a etapa de embalagem dos produtos teria oportunidades de melhorias. Foram identificados alguns desperdícios:

1. Desperdício de intelectual;
  - Um operador alocado para colar uma etiqueta.
2. Acúmulo desnecessário de material;
  - Estoque de etiquetas
3. Etapa desnecessária do processo.
  - Adicional de tempo e custo.

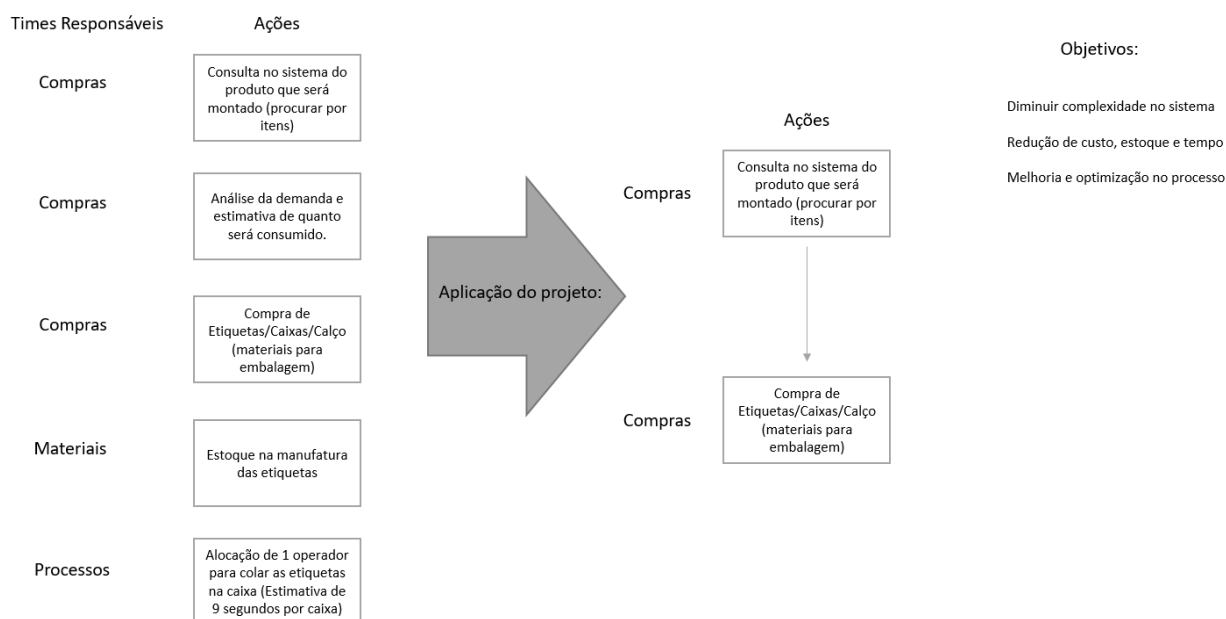
Figura 14 - Mapeamento do processo.



Fonte: elaborado pelos autores, 2019

Ao final da fase Definir, foi montado um time para o projeto e algumas ações foram distribuídas aos membros do time, como ilustra a Figura 15.

Figura 15 - Mapeamento do projeto.



Fonte: elaborado pelos autores, 2019.

Na fase Medir, foi feito um levantamento dos seguintes dados: o tempo que o operador levava para etiquetar uma caixa (cronometrado), quanto é comprado de etiquetas, qual a previsão de quantidade de vendas daquela máquina para identificar o potencial de ganho. Ao final dessa fase, houve uma reunião com todas as áreas envolvidas expondo os possíveis riscos e ganhos.

Na fase Analisar foi feita uma avaliação do mapa do processo, com uma coleta de dados bastante detalhada, tornando possível a estimativa dos ganhos que o projeto tinha potencial de oferecer (tanto financeiros como operacionais).

Tabela 4: Medição do tempo que o operador leva para colar as etiquetas nas caixas

| Medição da colagem de etiqueta por caixa |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                   |
|------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------|
| Amostra                                  | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10                |
| Tempo                                    | 8,5 | 7,4 | 9,3 | 7,8 | 7,7 | 8,9 | 8,2 | 8,4 | 7,9 | 8,4               |
|                                          |     |     |     |     |     |     |     |     |     | <b>Média =8,2</b> |

Fonte: elaborado pelos autores, 2019.

Tabela 5: Análise Financeira (investimento x ganhos)

| Análise Financeira          |     |            |
|-----------------------------|-----|------------|
| Total de investimento:      | R\$ | -          |
| Redução de custo em 6 meses | R\$ | 230.000,00 |
| Total de saving             | R\$ | 230.000,00 |

Fonte: elaborado pelos autores, 2019.

Depois do levantamento de dados e riscos, foi dado início a fase Melhorar. Foi feita uma avaliação do mapa do processo e dos dados, também foi avaliado com o fornecedor de embalagens, possíveis custos adicionais: por exemplo, caso a etiqueta que está sendo colada fosse impressa na caixa, isso teria algum custo adicional?

A solução analisada foi de uma redução e custo em R\$230.00,00 em seis meses e um ganho de tempo de 8s por máquina. Foi identificado que não haveriam custos adicionais para uma implementação da mudança com o fornecedor. Foi solicitado ao fornecedor amostras de caixas com as etiquetas impressas para que experimentos com o novo processo fossem feitos e fosse avaliada a solução proposta, seguindo o procedimento da Empresa B. Sempre que há alguma modificação no processo de embalagem, é necessário fazer um teste que consiste em simular uma produção normal, para validar a mudança e o processo, neste caso foi avaliado e aprovado pelo time de qualidade e processos.

Na fase Controlar, fase na qual se deve consolidar as mudanças realizadas, foi feita uma reunião com os membros do projeto, para apresentar o resultado do experimento conduzido na fase melhorar e fazer o plano de destinação para as etiquetas que iriam sobrar. As etiquetas foram movidas para outra estação, na qual é necessário que elas sejam coladas, foi feito um ajuste nos sistemas, atualizando que para aquela embalagem específico não era mais necessário solicitar etiquetas e por fim alocar o operador para alguma atividade que agregue valor.

O projeto gerou um ganho significativo de 8 segundos por produto, trazendo uma otimização no processo, redução de complexidade no sistema e uma redução de custo de aproximadamente R\$230.000,00 em seis meses. O resultado do projeto foi apresentado em reuniões dos times afetados e está sendo usado como exemplo para aplicação de projetos Seis Sigma e *Lean* em outros processos da fábrica. O operador que colava as etiquetas foi alocado em outra atividade.

#### 4. DISCUSSÃO

O primeiro estudo de caso trata da aplicação de algumas ferramentas do *Lean Manufacturing*, TQM e WCM, em um programa de melhoria contínua chamado SPS criado internamente pela empresa Sonoco. Para a empresa, a implantação desse programa trouxe retornos imediatos em diversas áreas. O segundo estudo de caso aconteceu na mesma empresa, sendo uma consequência do programa SPS. A aplicação de algumas métricas do *Lean Manufacturing* em uma empresa que não possui familiaridade ou nenhum tipo de gestão na área de melhoria contínua é impactante. Porque oportunidades de ganhos são logo reveladas quando aplicadas as ferramentas mais básicas do *lean*.

O terceiro estudo de caso apresentado foi um projeto visando melhoria de um processo de corte e polimento, que estava com uma variação de comprimento acima do aceitável, utilizando o Seis Sigma. Esse tipo de caso, diferentemente dos outros, utilizou metodologias mais robustas para analisar e corrigir problemas complexos, no caso a variação centesimal de comprimento do produto. Para esse tipo de problema, o Seis Sigma foi essencial, pois foi necessário focar na solução do problema e o Seis Sigma tem ferramentas que ajudam a identificar a causa raiz.

O último caso foi aplicado em uma empresa de produção de hardware, em que o *lean* é prática há alguns anos na gestão e na operação. Essa cultura facilita a fluidez da execução de projetos. Assim como o caso anterior, o projeto foi realizado com base no Seis Sigma.

Há diferenças entre as aplicações da mesma ferramenta ou metodologia, quando submetidas a diferentes processos e equipes. Mesmo na mesma empresa, como nos estudos de casos citados acima, a mesma ferramenta pode ser aplicada para soluções de problemas totalmente diferentes. Os estudos de caso mostram o potencial ganho que empresas que aplicam essas ferramentas e metodologias podem obter.

## 5. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como propósito trazer uma revisão teórica de cinco importantes metodologias e ferramentas de processos e de qualidade: Seis Sigma, Teoria das Restrições, Lean, TQM e WCM. Essas metodologias e ferramentas são empregadas em diversas empresas nas mais variadas áreas. Este trabalho também apresentou quatro estudos de caso de aplicação de algumas dessas ferramentas em projetos de melhoria de processo conduzidos em duas empresas, que atuam em áreas diferentes do mercado.

O primeiro estudo de caso, da empresa de embalagens Sonoco, apresenta uma gestão de melhoria contínua (SPS) que inclui conceitos de *Lean* TQM. Nesse caso abrangeu todas as áreas da empresa com impacto direto na operação e fazendo com que todas elas caminhem para redução de desperdícios (*lean*) e custos de qualidade (TQM).

O segundo e terceiro estudo de caso foram baseados na metodologia seis sigma. Analisando os estudos de caso, foi possível observar a flexibilidade do Seis Sigma para estruturar projetos de melhoria de processo em diversos contextos: no primeiro caso, um projeto de redução de tempo de *setup*, enquanto o segundo era focado em aumentar a capacidade de um processo de produção.

Em seguida vimos um projeto na Empresa B, que é do ramo de montagem de hardware de computadores, também baseados no DMAIC e abordando temas diferentes. No primeiro estudo de caso, a otimização do processo de embalagens e em posteriormente a também otimização do processo de montagem de desktops.

Os quatros projetos foram desenvolvidos com escopos e definições diferentes, aplicados em áreas distintas e aplicaram diversas metodologias e ferramentas de acordo com a necessidade proposta em cada fase do projeto. Todos obtiveram um resultado satisfatório, seja ele em forma qualitativa (melhora na ergonomia da aplicação de um processo) ou quantitativa (otimização de tempo em uma linha e/ou ganho financeiro).

As metodologias e ferramentas estudadas neste trabalho são flexíveis. Hoje, elas não são apenas aplicadas em processos industriais, mas também em empresas do setor de serviços e até mesmo em hospitais ou órgãos públicos. Os benefícios que tais ferramentas trazem são amplamente estudados e atualmente abrangem uma gama muito grande de setores.

Este trabalho buscou ilustrar o potencial dessas ferramentas e métodos, através de aplicações em problemas reais em áreas distintas de duas empresas diferentes. Desta forma, o trabalho apresentou exemplos de aplicação dessas ferramentas e métodos e dos

resultados alcançados. Como trabalho futuro, seria interessante acompanhar mais projetos e desenhar possíveis recomendações dependendo do tipo de empresa e problema a ser resolvido.

## REFERÊNCIAS

ARNEITER, E. D.; MALEYEFF, J. **The integration of Lean management and Six Sigma**, 2005.

AUCTUS. **Curso de Formação Green Belt**. Campinas: [s.n.], 2018.

DETTMER, H. W. **A Systems Approach to Continuous Improvement**. [S.l.]: [s.n.], 1997.

DOMENECH, M. **A estratégia Lean Seis Sigma de Melhoria Contínua**, 2005.

FIGUEIREDO, T. G. **Metodologia Seis Sigma como estratégica para redução de custos**, 2006.

GLSS, E. **Go Lean Six Sigma**, 10 Setembro 2018. Disponível em: <<https://goleansixsigma.com/dmaic-five-basic-phases-of-lean-six-sigma/?fbclid=IwAR3BeNhUdiZvzzya8sgvGa5OJ11xwyLDXYUi9AURaDNGQdb1o9f8xjEqbjY>>.

GOLDRATT, E. M. **The Goal: A Process of Ongoing Improvement**. [S.l.]: [s.n.], 1984.

KESSLER, R. M. **A implantação dos Seis Sigma em organizações: motivações de escola e resultados obtidos**, 2004.

LEAN Production. **LeanProduction**. Disponível em: <<https://www.leanproduction.com/theory-of-constraints.html>>.

**Lean Manufacturing and Six Sigma Definitions**. Disponível em: <[http://leansixsigmadefinition.com/glossary/six-sigma/?fbclid=IwAR0NwL-z-xXH131\\_GoNUh-NDyJkcgSq5D0hLqh2hAwxp5\\_WsSYnzPyEA-SU](http://leansixsigmadefinition.com/glossary/six-sigma/?fbclid=IwAR0NwL-z-xXH131_GoNUh-NDyJkcgSq5D0hLqh2hAwxp5_WsSYnzPyEA-SU)>. Acesso em: 05 Agosto 2019.

MARTÍNEZ-LORENTE, A.; DEWHURST, F.; DALE, B. **TOTAL QUALITY MANAGEMENT: ORIGINS AND EVOLUTION OF THE TERM**, 2016 .

NICHOLS, A. **WHAT IS TOTAL QUALITY MANAGEMENT**. SMARTSHEET, 12 Maio 2019. Disponível em: <<https://www.smartsheet.com/total-quality-management>>. Acesso em: 10 Agosto 2019.

OHNO, T. **Sistema Toyota de Produção. Além da Produção em Larga Escala**. Porto Alegre : Artes Medicas, 1997.

PACHECO, D. A. D. J. **Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração**, 2013.

PICCHI, F. A. **Lean Intitute Brasil**, 12 Maio 2019. Disponível em: <<https://www.lean.org.br/colunas/529/entenda-os-%E2%80%9C7-desperdicios%E2%80%9D-que-uma-empresa-pode-ter.aspx>>.

RIBEIRO, A. P. **UTILIZAÇÃO DA MANUFATURA DE CLASSE MUNDIAL (WCM) COMO UMA FERRAMENTA ESTRATÉGICA DE DIFERENCIAÇÃO COMPETITIVA.**, Ponta Grossa, 2014.

ROUSE, M. **Total Quality Management (TQM)**. SEARCHCIO, 12 Maio 2019. Disponível em: <<https://searchcio.techtarget.com/definition/Total-Quality-Management>>. Acesso em: 07 Agosto 2019.

SCHONBERGER, R. **Manufactura de categoria mundial: aplicación de las últimas técnicas para optimizar la producción**, Colômbia, 1989.

SEGET. **Aplicação da Teoria das Restrições em uma Indústria Metalúrgica**, 2009.

SHINOHARA, I. **New Production System: JIT Crossing Industry Boundaries**. [S.l.]: Productivity Press, 1988.

SILVEIRA, C. B. **Citisystems**, 2013. Disponível em: <[https://www.citisystems.com.br/just-in-time-conceito-significado/#disqus\\_thread](https://www.citisystems.com.br/just-in-time-conceito-significado/#disqus_thread)>. Acesso em: 10 Agosto 2019.

SLACK, N.; JOHNSTON, R.; STUART, C. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas S.A, 2009.

SONOCO. **Variação de comprimento no tubete**. [S.l.]. 2018.

SONOCO Products Company. **Sonoco Products**. Disponível em: <<https://www.sonoco.com/>>. Acesso em: 19 Janeiro 2019.

TOYOTA. **Sistema Toyota de Produção**, 05 Agosto 2019. Disponível em: <<https://www.toyota-global.com>>. Acesso em: 05 Agosto 2019.

TUDO sobre Lean., 2011. Disponível em: <<https://tudosobrelean.wordpress.com/tag/jidoka/>>. Acesso em: 10 Agosto 2019.

VLASIC, B. **The New York Times**, 05 Agosto 2013. Disponível em: <[https://www.nytimes.com/2013/10/30/automobiles/100-years-down-the-line.html?smid=tw-share&\\_r=0](https://www.nytimes.com/2013/10/30/automobiles/100-years-down-the-line.html?smid=tw-share&_r=0)>. Acesso em: 10 Setembro 2019.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. [S.l.]: Campus, 1992.