

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DA QUALIDADE PARA A
MELHORIA CONTÍNUA EM UM PROJETO DE PRODUÇÃO
ENXUTA**

Luis Antonio Reali Salvadori

Orientador: Prof. Dr. Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti

SÃO CARLOS
2013

Luis Antonio Reali Salvadori

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DA QUALIDADE PARA A MELHORIA
CONTÍNUA EM UM PROJETO DE PRODUÇÃO ENXUTA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Engenheiro de Produção Mecânica

Orientador: Prof. Dr. Luiz César Ribeiro Carpinetti

São Carlos
Novembro//2013

RESUMO

SALVADORI, L. A. R. **Aplicação de técnicas da Qualidade para a melhoria contínua em um projeto de produção enxuta.** 2013. 68p. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

Empresas de todos os setores vêm enfrentando mercados cada vez mais competitivos e clientes cada vez mais exigentes, o que faz com que investimentos em melhorias do produto e dos processos se tornem fatores de sobrevivência. Neste ambiente, empresas que não mudam e não se adaptam continuamente às exigências do cliente acabam sendo superadas por seus concorrentes.

Este trabalho destaca o quanto importante é para uma empresa possuir uma visão orientada para a melhoria contínua de processos, garantindo a qualidade do produto/serviço ofertado. Também apresenta ferramentas e técnicas da qualidade que, apesar de serem simples, podem ser utilizadas para promover melhorias consideráveis em qualquer processo.

Por fim, é apresentado um caso que mostra como a utilização dessas ferramentas e técnicas, em especial o Ciclo PDCA, auxilia a implantação de um projeto de melhoria e a importância desta melhoria possuir caráter contínuo, de modo que a empresa se mantenha sempre em constante evolução.

Palavras-chave: Melhoria Contínua, Ciclo PDCA, Ferramentas da Qualidade, Produção Enxuta.

ABSTRACT

SALVADORI, L. A. R. Application of Quality tools for continuous improvement in a Lean Manufacturing project. 2013. 68p. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

Companies of every sector are facing growing competitive markets and demanding clients what makes investments in increasing products and processes become a survival factor. In this scenario, companies that do not improve and adapt themselves continually to client's demands will be soon overcame by their competitors.

This work highlights the importance to a company being orientated to the continuous improvement of its processes, assuring the quality of its products/services. It also presents quality tools and techniques that, despite their simplicity, can be used to promote considerable improvements in any kind of process.

Lastly, a case showing how the usage of these tools and techniques, especially the PDCA Cycle, assists the implantation of an improvement project is presented, besides the importance of this improvement having a continuous basis, what assures that the company keeps its path in constantly evolution.

Keywords: Continuous Improvement, PDCA Cycle, Quality Tools, Lean Manufacturing

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Representação do breakthrough.....	14
Figura 2.1 - Etapas do controle de processos	21
Figura 2.2 - Ciclo PDCA de controle de processos	22
Figura 2.3 - Ciclo PDCA para alcance de metas de melhoria.	23
Figura 2.4 - Ciclo PDCA para alcance de metas padrão.	24
Figura 2.5 - Conjugação dos ciclos PDCA de manutenção e melhoria.....	25
Figura 2.6 - Processo de elaboração do mapa do fluxo de valor.	28
Figura 2.7 - Exemplo de mapa do fluxo de valor do estado atual.....	29
Figura 2.8 - Exemplo de Diagrama de Pareto.	31
Figura 2.9 - Diagrama de Ishikawa.....	32
Figura 2.10 - Exemplo de histograma.	33
Figura 2.11 - Diagrama de relações.	35
Figura 2.12 - Diagrama de afinidades.	35
Figura 2.13 - Diagrama de árvore.	36
Figura 2.14 - Matriz de priorização.....	36
Figura 2.15 - Matriz de relações.....	37
Figura 2.16 - Diagrama de processo decisório.....	37
Figura 2.17 - Diagrama de atividades.	38
Figura 4.1 - Mapa de processos e dependências das atividades da PME	47
Figura 4.2 - Diagrama <i>Spaghetti</i> – Estado atual.....	47
Figura 4.3 - Mapa do Fluxo de Valor (MFV)	50
Figura 4.4 - Diagrama de Ishikawa para detecção de problemas	51
Figura 4.5 - Fluxograma de processos.....	54
Figura 4.6 - Diagrama <i>Spaghetti</i> - Estado Futuro.....	55
Figura 4.7 - Mapa do Fluxo de Valor – Estado Futuro.....	57

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 - Gráficos de dispersão e suas correlações	33
Gráfico 2.2 - Exemplo de gráfico de controle.	34
Gráfico 4.1 - Gráfico de balanceamento de operadores – Estado Atual	49
Gráfico 4.2 - Gráfico de Balanceamento de Operadores – Estado Futuro	56
Gráfico 4.3 - Tempos de ciclo para cinco amostras após melhorias	58
Gráfico 4.4 - Indicador Produzido X Planejado.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Método dos 5W2H.....	39
Tabela 2.2 - Relação das ferramentas da qualidade com as fases do Ciclo PDCA ..	41
Tabela 4.1 - Tempos de ciclo – Estado atual	48
Tabela 4.2: 5W1H – desperdícios e contra-medidas.....	52
Tabela 4.3 - Tempos de ciclo – Estado Futuro.....	56
Tabela 4.4 - Tabela-resumo dos ganhos obtidos	58
Tabela 4.5 - Comparaçāo dos dados das duas situações futuras.....	61

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Contextualização	10
1.2 Objetivo	16
1.3 Métodos de desenvolvimento	16
1.4 Estrutura dos capítulos	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 Conceito de melhoria contínua	18
2.2 O Ciclo PDCA	20
2.3 O sistema de produção enxuta	25
2.3.1 Qualidade total e produção enxuta	26
2.3.2 O mapa do fluxo de valor	27
2.3.3 Eventos <i>Kaizen</i>	29
2.4 Ferramentas da qualidade para a melhoria contínua	30
2.4.1 As sete ferramentas da qualidade	31
2.4.2 Ferramentas de planejamento da qualidade	34
2.4.4 Outras ferramentas da qualidade	38
2.4.5 Relação entre as ferramentas da qualidade e o Ciclo PDCA	40
3. PLANEJAMENTO DO CASO	42
3.1 Descrição da empresa	42
3.2 Descrição do caso aplicado	42
4. APLICAÇÃO E DISCUSSÃO	45
4.1 Aplicação	45
4.1.2 Planejamento	45
4.1.2.1 Desenvolvimento do Estado Atual	46
4.1.3 Execução	51
4.1.4 Verificação e Controle	54

4.1.5 Ação Corretiva	59
4.2 Discussão dos resultados.....	61
5. CONCLUSÃO E PRÓXIMOS TRABALHOS.....	63
6. REFERÊNCIAS.....	65

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Ao final da II Guerra Mundial, os Estados Unidos iniciaram um período de enorme prosperidade. Os resultados da Guerra não só colocaram o país em uma posição de destaque mundial política e economicamente, como também enriqueceu sua população que acabara de sair do sofrido período de guerra. Esses fatores levaram a sociedade norte-americana a uma crescente busca por bens de consumo. Na ânsia por satisfazer essa demanda, as indústrias passaram a deixar a qualidade de seus produtos em segundo plano. Segundo Maximiano (2012), naquele momento, quantidade produzida era mais importante que qualidade e muitas empresas optavam apenas por encontrar defeitos usando técnicas de inspeções em vez de evitá-los, julgando que os custos dos produtos deficientes seriam menores que os custos para aprimorar a qualidade. Além disso, qualidade era considerada algo da competência de inspetores, cuja função era separar o mau do bom (WALTON, 1992), sem envolver toda a empresa, fazendo com que a alta administração deixasse de apoiar e investir nas atividades relacionadas à qualidade.

Este cenário era aceitável porque o país passava por um período de abundância, sem sofrer concorrência. Alguns anos atrás, a II Guerra Mundial exigia grande quantidade de itens com elevados padrões de qualidade das indústrias norte-americanas. Isso, conforme Maximiano (2012) iniciou um programa de desenvolvimento e disseminação de técnicas de controle da qualidade e modelos de administração da qualidade que continuaram evoluindo, mesmo após perder espaço dentro das indústrias com o fim da Guerra.

Enquanto os Estados Unidos passavam por um momento de abundância, em que a qualidade era posta em segundo plano, o Japão se esforçava para sair de sua precária condição econômica pós-guerra. Sem poder depender de seus recursos naturais para se reerguer, o Japão resolveu focar no aprimoramento da qualidade de seus produtos como diferencial para poder competir com a indústria mundial. Neste cenário, a ida de engenheiros e industriais japoneses aos Estados Unidos para aprenderem conceitos e técnicas de controle da qualidade passou a ser uma prática comum. A partir de 1946, a JUSE (*Japanese Union of Scientists and Engineers*), começou a trazer para o Japão, grandes teóricos americanos da

qualidade para que estes pudessem lhes passar conhecimento, principalmente sobre técnicas de controle estatístico. Com pouca visibilidade nos Estados Unidos, estes teóricos encontraram o campo ideal para disseminar e pôr em prática suas ideias e conceitos sobre qualidade.

Um destes teóricos convidados a proferir palestras sobre métodos estatísticos para a JUSE foi W. Edwards Deming. Deming foi além, e ensinou um novo sistema para gerentes e engenheiros japoneses, que o assimilaram e o colocaram em prática. Ele dizia: “elimine defeitos, analise os erros até encontrar a fonte dos erros, fazer correções e registrar os acontecimentos posteriores à correção” (CHIAVENATO, 1999). Deming previu um sistema de melhoria da qualidade no qual a gerência participava e envolvia todos os outros funcionários, de todos os outros níveis da empresa, através de equipes e sistemas de sugestões e com o foco sempre no cliente (WALTON, 1992). Esse novo sistema que prioriza a gestão da qualidade nas empresas foi resumido nos chamados “14 pontos de Deming” e forma a base do sistema de controle total da qualidade, ou TQC.

Outro importante teórico norte-americano que foi chamado pela JUSE para proferir palestras sobre qualidade foi Joseph M. Juran. De acordo com Brandão Júnior (2009) Juran liderou a passagem na qual as atividades relativas à qualidade baseavam-se nos aspectos tecnológicos das fábricas para uma nova na qual a preocupação com a qualidade passava a ser global e holística, abrangendo todos os aspectos e processos do gerenciamento e da organização. Este foi o início da Gestão da Qualidade Total (GQT).

GQT é definida como uma estratégia de fazer negócios que objetiva maximizar a competitividade de uma empresa através da melhoria contínua da qualidade dos seus produtos, serviços, pessoas, processos e ambiente (CARPINETTI, 2012). Assim, segundo Carpinetti, o objetivo final da GQT é maximizar a competitividade de uma empresa. Para Campos (1992), competitividade é um requisito necessário para que a empresa possa sobreviver. Segundo o autor, qualidade leva a um aumento da produtividade, que consequentemente torna a empresa mais competitiva, possibilitando assim sua sobrevivência. Portanto, para que uma empresa maximize sua competitividade e garanta sua sobrevivência no mercado, esta deve, em primeiro lugar garantir qualidade em seus processos e produtos. Voltando à definição de Carpinetti (2012), esta competitividade só será atingida através da melhoria contínua da qualidade. Deste modo, a melhoria

contínua torna-se algo essencial para a sobrevivência das empresas em um cenário cada vez mais competitivo. Hoje, a empresa que faz um produto de baixa qualidade está fadada ao fracasso. O caminho para as empresas continuarem competitivas é buscar alternativas para poderem desenvolver projetos de melhoria de desempenho e processos.

Ainda segundo Carpinetti (2012), há dois tipos distintos, porém complementares de melhorias: melhoria contínua e melhoria radical. A melhoria radical pressupõe uma mudança radical no conceito ou projeto do produto ou processo. Normalmente, essas melhorias implicam em grandes investimentos e em uma ruptura ou mudança radical no modo de operação, sendo as decisões de mudança, geralmente tomadas pela alta gerência, sem envolver outros funcionários.

Já em relação à melhoria contínua, Carpinetti (2012) a define como uma abordagem para a melhoria que se caracteriza como um processo de contínuo aperfeiçoamento de produtos e processos na direção de grandes melhorias de desempenho, se caracterizando por ser um processo iterativo e cíclico. Ou seja, a partir da avaliação dos resultados obtidos, da investigação e conhecimentos adquiridos com uma ação de melhoria sobre um determinado objeto de estudo, podem-se propor novas ações, o que levaria a um ciclo virtuoso de melhorias.

Desse modo, pode-se ver o quanto importante é para a sobrevivência de uma empresa, buscar a melhoria contínua de seus processos, evitando assim, tornar-se obsoleta e poder competir no mercado no mesmo patamar que seus concorrentes, que se sentirão forçados a prover melhorias para si próprios, o que resulta em uma melhoria global da qualidade como um todo.

O método mais genérico para se representar a melhoria contínua é o PDCA. O Ciclo PDCA foi desenvolvido inicialmente por Shewhart na década de 20 e difundido por Deming a partir da década de 50, sendo também conhecido como Ciclo Shewhart-Deming, ou apenas Ciclo de Deming. Este método é dividido em quatro etapas, sendo que as iniciais em inglês de cada uma formam o nome do ciclo. São elas:

- (P) *Plan* - Planejar
- (D) *Do* - Executar
- (C) *Check* - Verificar
- (A) *Act* - Agir corretivamente

Essas quatro etapas juntas, representam uma ação cílica, que gera a melhoria contínua. A etapa “planejar” consiste em identificar uma oportunidade de melhoria e elaborar um plano definindo metas, tarefas e métodos que serão utilizados para alcançá-la. Na segunda etapa, “executar”, é feito a preparação e execução das tarefas definidas pelo plano na etapa anterior. Durante a etapa “verificar” são feitas coletas de dados e os resultados são comparados com as metas inicialmente planejadas. Por fim, “agir corretivamente”, a quarta e última etapa do ciclo, ações corretivas são realizadas para que o plano possa ser devidamente implantado. Após esta etapa, o setor que recebeu a melhoria é reavaliado, sendo feito, caso necessário, um novo planejamento buscando novas melhorias e reiniciando o ciclo.

Porém, o ciclo PDCA e os esforços em melhorias serão inúteis se a melhoria atingida não for mantida. Em outras palavras, “Melhorar um processo significa estabelecer uma nova meta para permanecer nela” (FONSECA; MIYAKE, 2006).

Essa visão também existe na chamada *trilogia da qualidade*, definida por Juran. Esta, segundo Corrêa e Corrêa (2004) consiste em três fases, a de planejamento, a de controle e a de melhoramento da qualidade. A primeira fase é o processo de estabelecer objetivos para a qualidade e desenvolver planos para atingi-los. A segunda consiste em avaliar o desempenho atual, compará-lo com os objetivos e agir nas diferenças. Por fim, o melhoramento da qualidade tem como objetivo melhorar os níveis atuais de desempenho da qualidade.

A partir da trilogia da qualidade de Juran, Corrêa e Corrêa (2004) explicam o conceito de *breakthrough*: “Ações de melhoramento conduzem a patamares melhores de qualidade e esses patamares melhores deverão ser incorporados como novos níveis de controle para que os ganhos obtidos não sejam perdidos” Assim, após a fase de melhoramento da qualidade, estabelece-se e mantém-se um novo nível planejado (*breakthrough*), conforme ilustrado na figura 1.1:

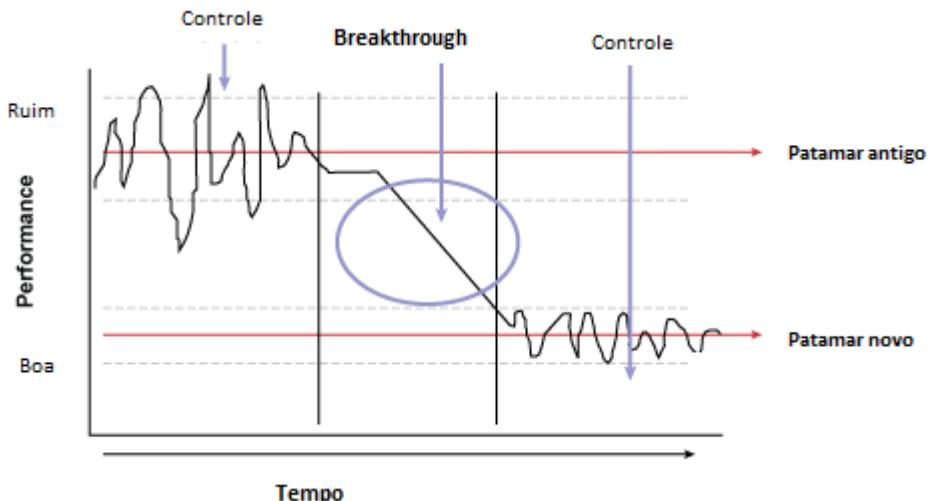


Figura 1.1 - Representação do breakthrough

Fonte: Adaptado de Carnell (2010)

Para se chegar a esses níveis planejados e a uma melhoria de fato, além das técnicas e ferramentas da qualidade, muitas empresas utilizam programas de melhoria contínua, dentre os quais, os mais conhecidos e difundidos são o programa Seis Sigma e a produção enxuta (*lean manufacturing*).

O Seis Sigma está relacionado à redução de defeitos em um processo, por meio da busca da diminuição da variabilidade do processo, podendo chegar a apresentar no máximo 3,4 defeitos em 1 milhão de oportunidades. Ao atingir este estágio, diz-se que o processo alcançou um nível Seis Sigma (PEREZ-WILSON, 1999). Assim, para atingir um máximo de perfeição no processo, reduzindo sua variabilidade e seus custos de não qualidade, empresas têm adotado o programa “Seis Sigma” como um conjunto de técnicas da qualidade e ferramentas de controle estatístico, que vão levá-la a atingir a melhoria contínua de seus processos. Como destacam Oliveira e Ferreira (2005) “Seis Sigma” é um conjunto de práticas que visam de forma estruturada a identificação de um problema e, após uma análise detalhada das causas, a proposição e implementação de ações que tragam uma melhoria dos níveis de capacidade do processo, trazendo maior atendimento das especificações dos clientes”.

Destacam-se no “Seis Sigma”, o uso de ferramentas estatísticas como análise de capacidade e gráficos de controle e de métodos iterativos como o DMAIC, análogo ao PDCA, cujo nome é formado pelas iniciais em inglês dos cinco processos que formam o método (definir, medir, analisar, melhorar e controlar).

O programa da produção enxuta, ou *lean manufacturing*, visa à redução ou eliminação de desperdícios nos processos produtivos e na empresa como um todo, com foco no valor que é entregue ao cliente. Segundo Womack e Jones (2004), desperdício é qualquer atividade que absorve recursos como mão-de-obra e energia, mas não cria valor para o cliente final. É bastante comum encontrar estes desperdícios divididos entre sete classes: excesso de produção, inventário, defeitos, transporte, excesso de movimentação, excesso de processamento e espera.

Além de focar em eliminar desperdícios, a produção enxuta procura buscar a perfeição em seus processos e melhorá-los constantemente. A busca do aperfeiçoamento contínuo em direção a um estado ideal deve nortear todos os esforços da empresa, em processos transparente onde todos os membros da cadeia (montadores, fabricantes de diversos níveis, distribuidores e revendedores) tenham conhecimento profundo do processo como um todo, podendo dialogar e buscar continuamente melhores formas de criar valor (SAIA, 2009).

Uma prática muito difundida e aplicada a partir da produção enxuta são os eventos *kaizen*. *Kaizen* são esforços de melhoria contínua, executados por todos, sendo que seu foco central é a busca pela eliminação de desperdícios. Já a definição de Evento *Kaizen* pode ser compreendida como sendo um time dedicado a uma rápida implantação de um método ou ferramenta da manufatura enxuta, em uma área em particular e em um curto período de tempo. (ARAÚJO; RENTES, 2006). Assim, por meio principalmente destes eventos, a produção enxuta colabora para que a empresa consiga atingir novos níveis de melhoria planejada.

Porém, nenhuma empresa conseguirá sustentar este novo nível planejado se a alta direção e todos os outros colaboradores envolvidos não estiverem engajados em buscar, de fato, melhorar a qualidade de seus processos. A melhoria contínua é mais do que um método de melhoria. Trata-se de uma filosofia, que, segundo Corrêa e Corrêa (2004), transfere a responsabilidade pela qualidade aos funcionários e estabelece metas ambiciosas. O espírito é incentivar os colaboradores a continuamente usar as ferramentas da qualidade para procurar formas de melhorar a qualidade do que fazem nos processos existentes.

Dessa forma, estando os colaboradores engajados com a cultura da contínua melhoria de processos, estes fazem uso de métodos, técnicas e ferramentas da qualidade, que, por ser, a maioria, de fácil aplicação, “colaboram

para a implementação da cultura da melhoria contínua em todos os níveis organizacionais e operacionais" (TRIVELLATO, 2010).

A necessidade e preocupação das empresas em garantirem qualidade cada vez maior em seus produtos e processos é justificada pela forte concorrência que elas enfrentam devido ao crescente número de empresas em todas as áreas de atuação e à também crescente exigência dos consumidores, que não hesitam em buscar produtos da concorrência se julgarem terem estes maior qualidade. Assim, a melhoria contínua de processos possui importância estratégica para que a empresa possa se atualizar, diminuir custos, atender exigências dos clientes e tornar-se mais competitiva.

1.2 Objetivo

O objetivo do presente trabalho é a aplicação dos conceitos e técnicas de melhoria contínua em um projeto de produção enxuta de uma célula de trabalho em uma empresa de engenharia elétrica, mostrando como essa aplicação pode aumentar a produtividade dos funcionários, reduzir custos e tornar a empresa mais competitiva.

Além disso, este trabalho tem o intuito de apresentar e discutir os principais conceitos e técnicas relacionadas à melhoria contínua.

A aplicação de caso apresentado na segunda parte deste trabalho demonstrará como a melhoria contínua de processos pode ser alcançada por meio da aplicação das ferramentas e métodos revisados.

1.3 Métodos de desenvolvimento

O presente trabalho foi desenvolvido a partir da revisão literária da melhoria contínua e de suas diversas formas de representação, assim como das ferramentas e métodos que estão comumente relacionadas a ela.

Em seguida é apresentada a aplicação dos conceitos, realizada pelo autor em um caso real de uma empresa de engenharia elétrica durante a aplicação de um projeto de produção enxuta. Neste, a partir da coleta de dados e apoiado nas ferramentas e métodos apresentados serão ilustrados os passos necessários para se atingir uma melhoria e como garantir que ela tenha um caráter contínuo.

1.4 Estrutura dos capítulos

Este trabalho está divido em cinco capítulos da seguinte forma:

O capítulo 1, “Introdução” contextualiza o tema estudado, destacando seu desenvolvimento histórico e sua importância na atualidade. Neste capítulo ainda encontra-se os objetivos que o trabalho pretende alcançar e a forma como ele será desenvolvido.

O capítulo 2, “Revisão bibliográfica”, apresenta e descreve os métodos, técnicas e ferramentas que são constantemente relacionados com a melhoria contínua, destacando suas aplicações e importância. Este capítulo também apresenta diferentes definições de melhoria contínua.

O capítulo 3 “Planejamento do caso” explica a situação atual da empresa em que o estudo de caso foi aplicado, qual é o problema estudado e os objetivos com o estudo. O estudo de caso em si, é apresentado no capítulo seguinte “Aplicação e discussão”, onde estão destacados dados coletados, melhorias alcançadas e uma análise do caso como um todo.

Por fim, o capítulo 5 apresenta a conclusão do trabalho, ressaltando a importância da melhoria contínua e os resultados alcançados no estudo de caso.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Conceito de melhoria contínua

Lizarelli, Alliprandini e Martins (2007) consideram dois tipos distintos de melhorias, a melhoria radical e a melhoria contínua, ou incremental.

A melhoria radical é uma mudança drástica no processo, frequentemente consequência de mudanças tecnológicas do processo produtivo ou do produto, envolvendo capital intensivo e grande interferência no ambiente de produção. (SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R., 2002).

Para Campos (1992), a melhoria radical introduz um novo processo que substitui e elimina os desperdícios do processo anterior, enquanto a melhoria contínua, ou incremental, atua para melhorar a eficiência do processo, eliminando os desperdícios de forma gradual. Outra diferença importante é, segundo Davenport (1994), que na melhoria contínua todos os empregados são estimulados a examinar e sugerir mudanças, enquanto na melhoria radical, ou reengenharia, as mudanças ocorrem principalmente de cima para baixo, sendo impostas pela alta gerência, afinal apenas os que estão em posições que controlam funções múltiplas podem ser capazes de reconhecer oportunidades de inovação.

Após a Revolução Industrial, os trabalhadores foram tornando-se menos qualificados, participando cada vez menos dos processos de melhoria das empresas. Segundo Schroeder e Robinson (1991), a reintrodução destes trabalhadores nos processos de melhoria marcou o início dos programas de melhoria contínua. Um dos primeiros programas relatados pelo autor aconteceu em 1871 na Grã-Bretanha, em uma construtora de navios. O programa em si, era um sistema de sugestões aberto a todos os funcionários, e que premiava aqueles que propunham melhorias na empresa, seja pela introdução de uma nova ferramenta, um novo método ou um meio para reduzir desperdícios e acidentes. Outras iniciativas semelhantes foram reproduzidas por todo o mundo, e os empresários foram percebendo que ao reconhecer, premiar e aplicar as sugestões de melhorias dos seus empregados, aumentavam a produtividade nos processos, além de incentivar os funcionários a buscarem melhores condições de trabalho.

No começo do século XX, a administração científica, desenvolvida por Taylor ganhava cada vez mais importância dentro das empresas, desenvolvendo métodos que ajudavam os gerentes a analisar e resolver problemas da produção usando

métodos científicos baseados no controle do tempo e na padronização do trabalho (BHUIYAN; BAGHEL, 2005). Tal abordagem demonstra a preocupação de alguns gerentes da época com a melhoria de processos, mostrando que esta era necessária para a empresa manter-se competitiva.

Brandão Júnior (2009) também defende a ideia de que a administração científica desenvolvida por Taylor foi um dos primórdios para o surgimento da melhoria contínua. Segundo o autor, um dos pontos fundamentais da teoria de Taylor era de que operários e direção devem trabalhar em conjunto, buscando as melhores práticas, que vão levar a um aumento cada vez maior da produtividade dos trabalhadores.

Mais tarde, técnicas para a melhoria contínua foram difundidas por meio de programas de treinamento, principalmente nos Estados Unidos e no Japão, solidificando a importância deste conceito nas empresas.

Para Bhuiyan e Baghel (2005), enquanto iniciativas de melhoria contínua no passado refletiam o uso de vários princípios relacionados a melhorias do trabalho, nos dias de hoje a melhoria contínua está associada a uma série de metodologias e técnicas relacionadas com a qualidade e que envolvem todos os colaboradores da empresa, visando reduzir desperdícios, simplificar a linha de produção e melhorar a qualidade.

Segundo os autores, melhoria contínua pode ser definida como uma cultura de melhorias sustentáveis que visa à eliminação de desperdícios em todos os sistemas e processos de uma organização em que todos trabalham juntos para fazer melhorias, sem demandar, necessariamente, um grande investimento financeiro. Destacam ainda que as grandes melhorias necessitam de tempo, e ocorrem como resultado de inúmeras melhorias incrementais.

Para Bessant, Caffyn e Gallagher (2000), a melhoria contínua pode ser definida como um processo de inovação incremental, focada e contínua, envolvendo toda a organização. Seus pequenos passos, alta frequência e ciclos de mudança vistos separadamente têm pequenos impactos, mas somados podem trazer uma contribuição significativa para o desempenho da empresa.

Para Agostinetto (2006), melhoria contínua é vista como um processo que atravessa e apoia os demais processos de negócios e não apenas os processos de fabricação, trazendo benefícios pequenos isoladamente e no curto prazo, mas que trazem melhorias consideráveis para a empresa quando acumulados.

Segundo Moura (1997), a melhoria contínua é a busca por melhores resultados e níveis de desempenho de processos, produtos e atividades da empresa. Ele a coloca como sendo um objetivo para ser desenvolvido culturalmente na empresa podendo ser gerada por uma ação gerencial ou de uma sugestão de um ou vários funcionários.

Jager et al. (2004) definiram quatro pilares para garantir a prática da melhoria contínua para todos os funcionários: entendimento, competências, habilidades e comprometimento. Esses pilares são sustentados pelo lado humano e cultural. Segundo os autores, todos da empresa devem entender o porquê de se estar realizando uma certa melhoria e qual será a contribuição de cada um para sua implementação. As pessoas devem possuir competências e conhecimentos para a solução de problemas que as permitam participarem por meio de ideias, sugestões e execuções, e todos devem estar motivados em colocar esforço extra para melhorar os processos.

Assim, pode-se definir melhoria contínua como uma cultura de melhorias que busca atingir um nível de desempenho superior e se manter neste nível até ser necessário superá-lo, com o envolvimento de todos os níveis da organização. É importante que as empresas desenvolvam uma cultura de melhoria contínua para tornarem-se mais competitivas, garantindo sua sobrevivência. Para tanto, devem incentivar e implementar melhorias incrementais, mesmo que pequenas, pois a longo prazo, a soma destas melhorias irá elevar a empresa a um novo patamar de qualidade em seus processos. Porém, para se atingir este ponto, deve envolver todos os funcionários, e estes devem estar dispostos não só a sugerir e implementar melhorias, mas também a mantê-las.

2.2 O Ciclo PDCA

Encontrar possíveis falhas ou problemas no processo e corrigi-los não é o suficiente para se melhorar de forma contínua. Carpinetti (2012) mostra que é importante identificar os problemas prioritários, observar e coletar dados, fazer uma análise para buscar as causas-raízes, planejar e implementar as ações e, finalmente, verificar os resultados.

Segundo o autor, o processo pode ser representado pela figura 2.1:

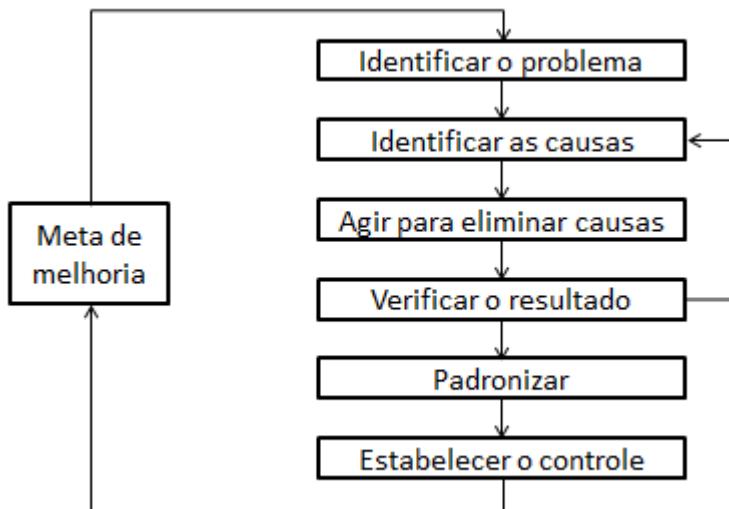


Figura 2.1 - Etapas do controle de processos
Fonte: Adaptado de Carpinetti, 2012

Como ilustrado na figura 2.1, um método cíclico é utilizado para se atingir as metas pré-estabelecidas para uma melhoria. Um método é uma sequência lógica de processos para se atingir uma meta. (Campos, 1992). O método mais utilizado em práticas e programas de melhoria contínua é o Ciclo PDCA, também conhecido como Ciclo de Deming, em homenagem ao teórico da qualidade que o aplicou e difundiu a partir da década de 50. Este ciclo é muito utilizado, podendo ser aplicado em todos os processos de uma organização. Esta por sua vez, o utiliza como meio para conseguir planejar e controlar atividades que a levarão a alcançar um objetivo.

Segundo Soares e Luz (2004), o PDCA é um método de solução de problemas e melhoria contínua, onde as causas do problema são investigadas sob o ponto de vista dos fatos, e a relação da causa e efeito é analisada com detalhe, resultando em contramedidas planejadas para o problema.

Werkema e Aguiar (1996) conceituam o Ciclo PDCA como um método gerencial de tomada de decisões que garante o alcance das metas necessárias à sobrevivência de uma organização.

O Ciclo PDCA é formado por quatro etapas que se comportam de maneira cíclica: planejar (*plan*), executar (*do*), verificar (*check*) e agir corretivamente (*act*). As iniciais dos nomes em inglês de cada uma destas etapas formam o nome do método. O ciclo pode ser representado como na figura 2.2.

Campos (1992) define cada uma das etapas:

- (P) *Plan* – Planejar: Consiste em estabelecer metas sobre itens de controle e estabelecer a maneira para se atingir as metas propostas. Nesta etapa também é feita a coleta e análise de dados.
- (D) *Do* – Executar: Executar as tarefas conforme planejadas na etapa anterior. Nesta etapa, também são feitos treinamentos no método que será utilizado.
- (C) *Check* – Verificar: A partir dos dados coletados após a execução, compara-se o resultado alcançado com a meta planejada.
- (A) *Act* – Agir corretivamente: Nesta etapa, o usuário detecta desvios e atua no sentido de fazer correções definitivas, de modo que o problema não volte a ocorrer.

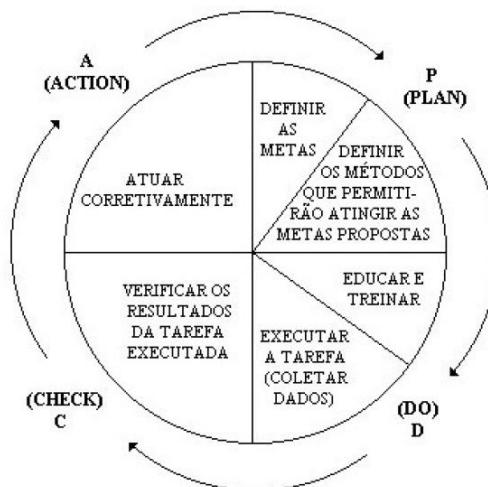


Figura 2.2 - Ciclo PDCA de controle de processos
Fonte: Adaptado de Campos (1994)

Este tipo de ciclo é conhecido como Ciclo PDCA de melhoria. A partir dele, um processo atinge um novo nível, e deve estabelecer uma nova meta para permanecer nele. Uma forma mais detalhada do Ciclo PDCA é o Método de Análise e Solução de Problemas (MASP), também chamado de QC Story. Este método é apresentado na figura 2.3:

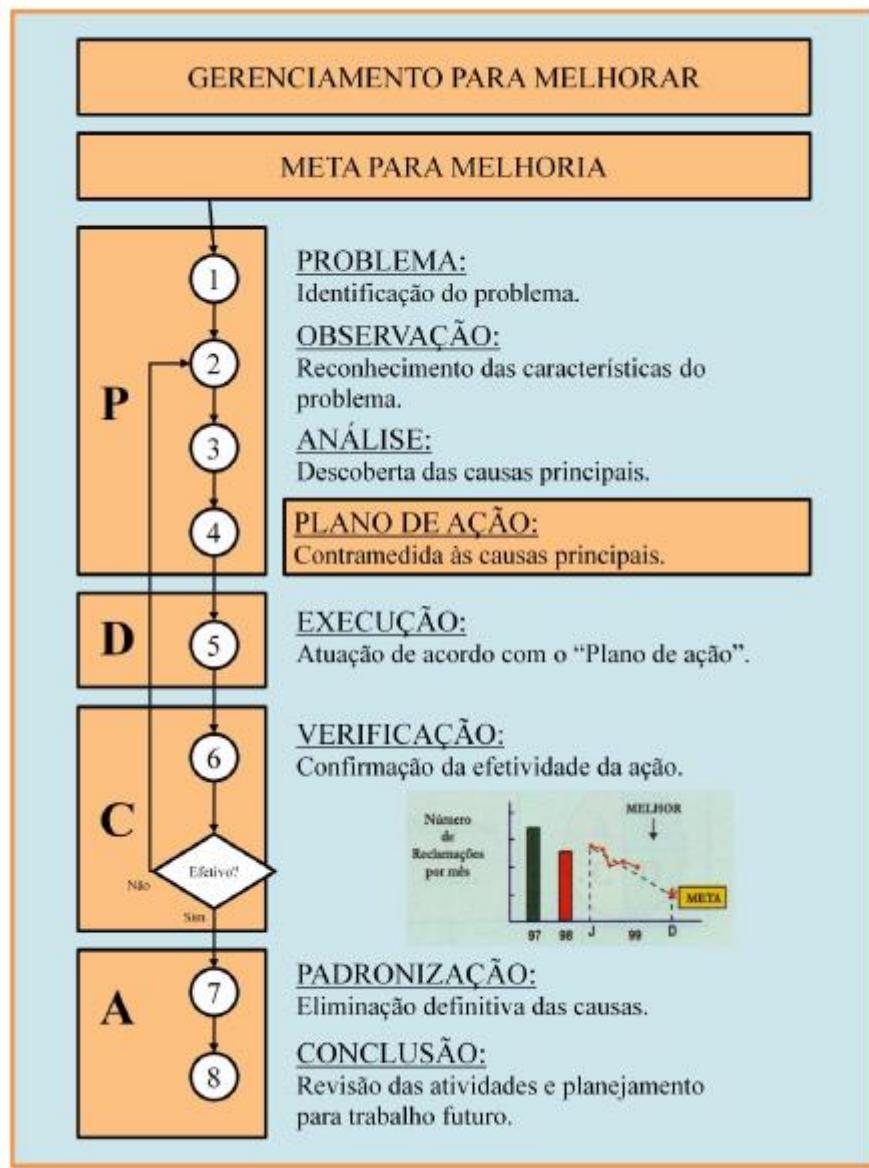


Figura 2.3 - Ciclo PDCA para alcance de metas de melhoria. (CAMPOS, 1994)

No nível de controle, o Ciclo PDCA deve ser utilizado para atingir metas padrões ou para manter os resultados em um nível desejado. Este ciclo é designado por Ciclo SDCA (FONSECA e MIYAKE, 2006). A etapa S, de *standard*, ou padrão, funciona como a etapa de planejamento do Ciclo PDCA, com a diferença de que nesta, serão definidos procedimentos-padrão e faixas-padrão aceitáveis. As outras etapas são equivalentes às etapas do Ciclo PDCA, sempre seguindo procedimentos padrões operacionais ("Standard Operation Procedures" SOP). O Ciclo SDCA é apresentado na figura 2.4:

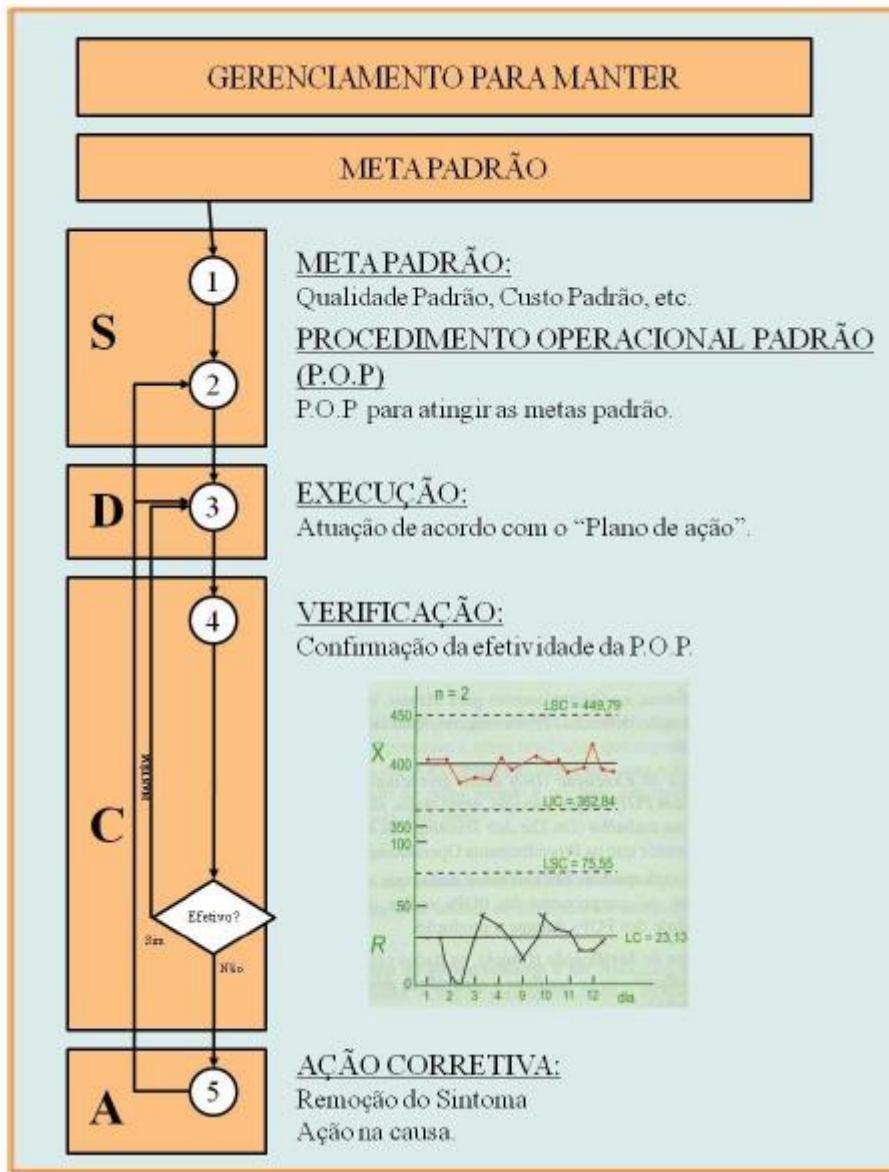


Figura 2.4 - Ciclo PDCA para alcance de metas padrão. (CAMPOS, 1994)

Segundo Campos (1992), para se obter melhorias contínuas bem sucedidas nos processos, deve-se conjugar estes dois tipos de ciclos: de manutenção (controle) e melhoria. Essa relação é mostrada na figura 2.5.

Ainda de acordo com Campos (1992), melhorar continuamente um processo significa melhorar continuamente os seus padrões (de equipamentos, materiais, técnicos, procedimento etc.). Cada melhoria corresponde a um novo nível de controle, ou valor-meta, que deve ser mantido pela empresa. O Ciclo PDCA, em suas diversas formas, auxilia e garante à empresa atingir essas metas e manter seus padrões.

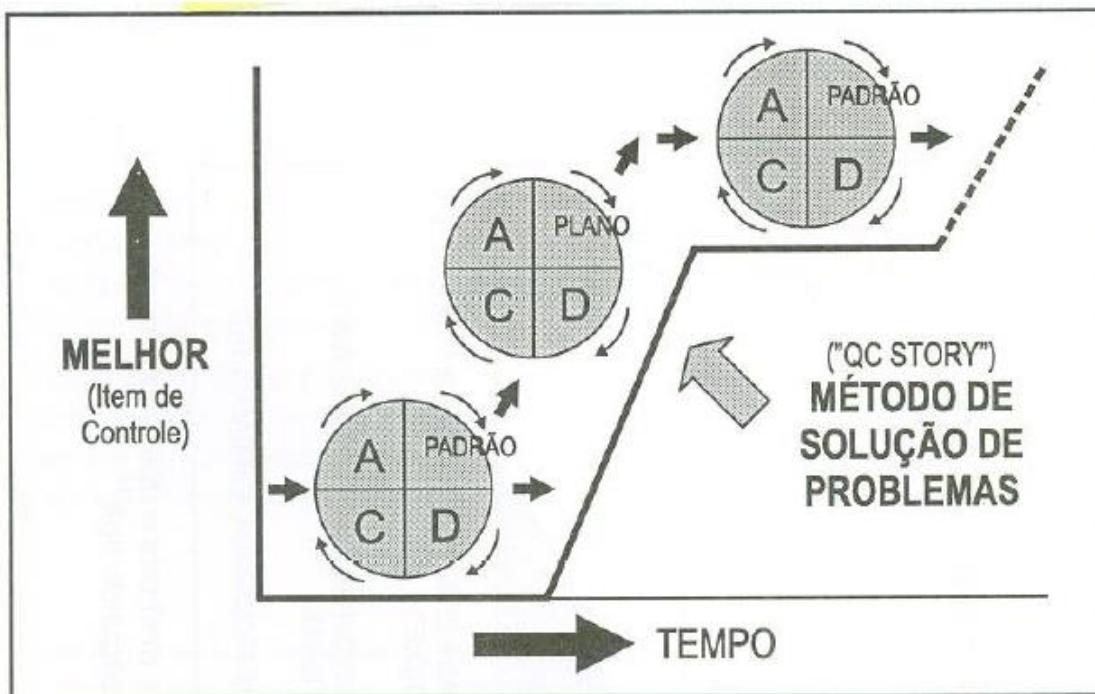


Figura 2.5 - Conjulação dos ciclos PDCA de manutenção e melhoria. (CAMPOS, 1992).

2.3 O sistema de produção enxuta

Após a segunda guerra mundial, a indústria japonesa desenvolveu um conjunto de novas práticas de manufatura que alavancaram sua competitividade global. Trata-se da produção enxuta. (WOMACK, JONES e ROSS, 1992).

Mais do que um sistema de produção, a produção enxuta (*lean manufacturing*, do inglês), ou *just in time* (JIT), trata-se de uma filosofia aplicável em todas as áreas de uma empresa.

O pensamento enxuto, segundo Womack e Jones (2004), é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor sequência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz, aproximando-se cada vez mais de oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam.

A filosofia enxuta é definida por três pontos principais: eliminação de desperdícios, envolvimento dos funcionários na produção e aprimoramento contínuo (HARRISON, 1992). Slack, Chambers e Johnston (2002) descrevem cada um destes pontos:

- Eliminação de desperdícios: Desperdício é qualquer atividade que não agrega valor aos olhos do cliente final. O primeiro passo para eliminá-los é identificá-los. Há sete categorias principais de desperdícios: superprodução, tempo de espera, transporte, processo, estoque, movimentação e produtos defeituosos.
- Envolvimento de todos: A filosofia *lean* visa a fornecer diretrizes que incluem todos os funcionários e todos os processos na organização. Ela incentiva a resolução de problemas em equipes, o enriquecimento e rotação de cargos e a multi habilidade dos trabalhadores. A intenção é encorajar alto grau de responsabilidade pessoal, engajamento e *ownwership* do trabalho.
- Aprimoramento contínuo: Um dos objetivos do *lean* é atingir qualidade perfeita em seus produtos e eliminar a totalidade dos desperdícios. Para aproximar-se desses resultados ao longo do tempo, é necessária uma forte cultura de melhoria contínua, chamada em japonês de *kaizen*.

Em relação ao aprimoramento contínuo, Corrêa e Corrêa (2004) destacam a ideia de se estabelecer metas de desempenho operacional inatingíveis, como *lead time* zero, ou zero defeitos. Segundo os autores, estabelecer metas não atingíveis evita que os envolvidos nos processos se autolimitem às metas estabelecidas, servindo assim, como uma motivação para que os processos de melhorias nas organizações sejam sempre contínuos, em busca da perfeição.

2.3.1 Qualidade total e produção enxuta

A qualidade é um benefício gerado pelo sistema de produção enxuta, além de um pressuposto para sua implementação. Os princípios da administração da qualidade total (*Total Quality Management*), ou TQM, traduzem a visão do *lean* quanto à gestão da qualidade. Feigenbaum (1986) define o TQM da seguinte forma:

“O TQM é um sistema eficaz para integrar as forças de desenvolvimento, manutenção e melhoria da qualidade dos vários grupos de uma organização, permitindo levar a produção e o serviço aos níveis mais econômicos da operação e que atendam plenamente à satisfação do consumidor”.

Womack, Jones e Roos (1992) relatam que quando os princípios da produção enxuta começaram a ser introduzidos na Toyota por Taiichi Ohno, um dos primeiros passos foi atribuir aos próprios trabalhadores, atividades relacionadas ao controle da qualidade. Deste modo, os próprios trabalhadores que estavam na linha de montagem estariam aptos a detectar possíveis falhas e consertá-las. Estes trabalhadores tinham autonomia para parar a linha assim que encontrassem alguma não conformidade, evitando que o erro se alastrasse para os outros veículos que estavam na linha. Ohno instituiu um sistema de solução de problemas denominado “os cinco porquês”, que instruía os trabalhadores da produção a remontar sistematicamente cada erro, até chegar a sua causa raiz e encontrar uma solução para que o erro nunca mais ocorresse.

Além dos citados acima, outros aspectos do TQM complementares ao *lean* são citados por Corrêa e Corrêa (2004), como o estabelecimento de padrões de qualidade mensuráveis, a verificação, e se necessário, manutenção diária dos equipamentos e organização e limpeza da fábrica.

A produção enxuta, com sua filosofia de redução de desperdícios, identifica-os, busca as causas principais destes desperdícios, a partir do TQM, e as ataca, de forma a minimizá-los, ou, se possível, eliminá-los. Uma vez que isto acontece, o fluxo produtivo é restaurado, criando-se a oportunidade de reduzir ainda mais os desperdícios, criando um esforço de aperfeiçoamento contínuo do processo.

2.3.2 O mapa do fluxo de valor

Uma vez especificado o que é o valor na cadeia produtiva de um certo produto, é necessário fazer com que as atividades que criam valor fluam em um fluxo de valor contínuo e estável, o chamado fluxo de valor enxuto. O objetivo principal da produção enxuta é o fluxo de valor enxuto da matéria-prima ao produto acabado, considerando todos os processos envolvidos e buscando melhorar o todo e não apenas partes isoladas do processo (QUEIROZ, RENTES e ARAÚJO, 2004).

Para se criar o fluxo de valor enxuto, Rother e Shook (1999) afirmam que a técnica mais apropriada e importante é o mapeamento do fluxo de valor (MFV), uma ferramenta simples que comprehende tanto o mapeamento do fluxo de materiais, quanto o do fluxo de informações.

De acordo com os autores, a aplicação do mapeamento do fluxo de valor deve seguir as seguintes etapas, ilustradas na figura 2.6:

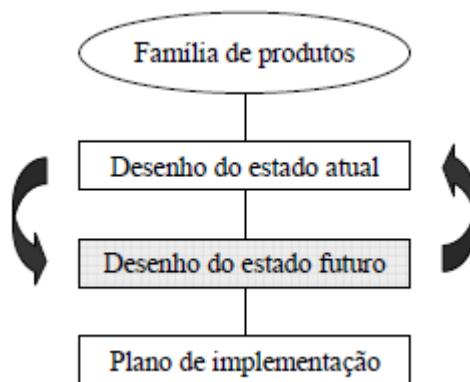


Figura 2.6 - Processo de elaboração do mapa do fluxo de valor (ROTHER e SHOOK, 1999).

Deve-se, inicialmente, selecionar uma família de produtos, composta por produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizem ferramentas similares em seus processos. Para cada família de produtos, deve ser calculado o tempo *takt* (ou *takt time*) que é o ritmo em que o mercado está consumindo determinado produto. A produção deve acompanhar este ritmo e produzir de acordo com ele. O *takt* é calculado dividindo-se a carga horária total de trabalho no período analisado pela demanda total do cliente no mesmo período.

Em seguida, deve ser desenhado o mapa do estado atual, a partir de informações coletadas no chão de fábrica, detalhando como é o processo no momento presente, quais são os desperdícios encontrados e qual é o fluxo existente nele. Este mapa servirá como base para o estado futuro que se pretende alcançar. O mapa do estado futuro deverá indicar propostas de melhorias no fluxo de valor do processo,

Por fim, deve-se preparar um plano de implantação que descreva como atingir o estado futuro planejado. Assim que este estado for alcançado, ele passará a representar o estado atual, e um novo mapa deve ser desenhado para o estado futuro, o que representa um aperfeiçoamento contínuo no fluxo de valor.

Assim, o MFV se mostra como uma ferramenta extremamente importante para mensurar melhorias no fluxo de valor. Com um mapa do estado atual, e outro do estado que se pretende atingir, é possível criar padrões para mensurar as melhorias alcançadas após a implementação de mudanças. A figura 2.7 apresenta

um exemplo de um MFV, destacando as atividades e setores envolvidos, o fluxo de materiais, o fluxo de informações, os desperdícios (na forma de estoques) e o *lead time* total do processo.

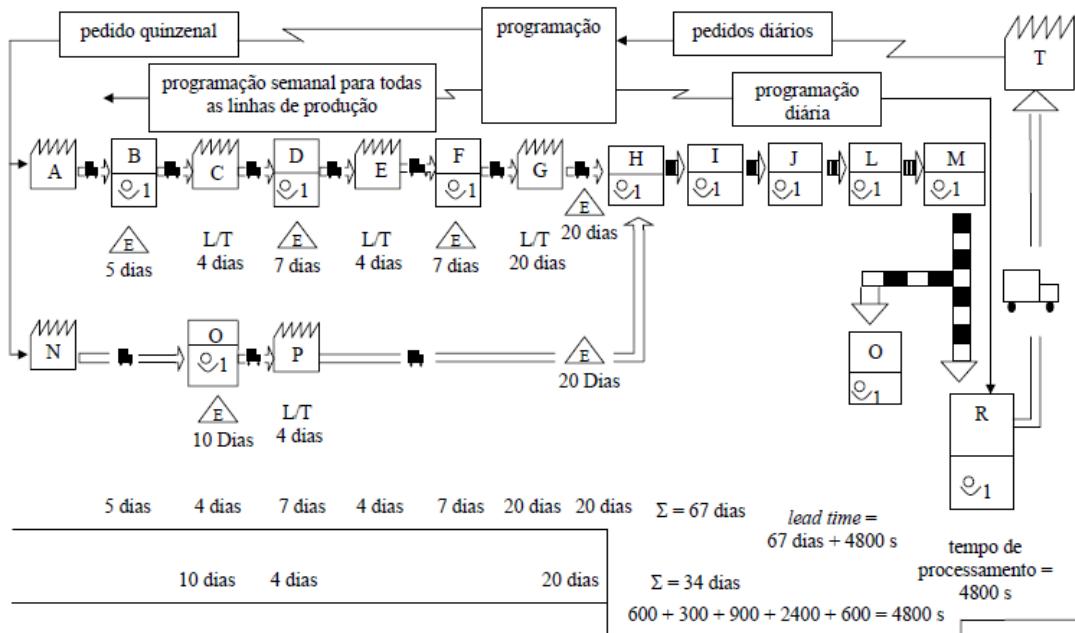


Figura 2.7 - Exemplo de mapa do fluxo de valor do estado atual. (QUEIROZ, RENTES e ARAÚJO, 2004).

2.3.3 Eventos *Kaizen*

Uma das formas mais comuns de se aplicar os conceitos da produção enxuta na organização é através dos chamados Eventos *Kaizen*.

Os eventos *kaizen* surgiram na indústria no início da década de 80. O conceito principal desta ferramenta está centrado na melhoria das atividades e dos processos, como sugere o nome, junção de duas palavras japonesas: *kai* (mudança) e *zen* (melhor), ou seja, “mudar para melhor”, ou ainda, “melhoria contínua”. (IMAI, 1996).

Segundo Reali (2006), o evento *kaizen* é baseado em um trabalho da equipe formado por todos os níveis da organização. É uma ferramenta que busca atingir estados de melhorias por meio de soluções rápidas e simplificadas. Após a definição de um problema específico, consideram-se todos os tipos de sugestões, e em seguida é feita uma seleção entre as ideias mais adequadas. Reali ainda ressalta que nos eventos *kaizen* as equipes têm dedicação integral às atividades e também

possuem poder de decisão. Todas as discussões são baseadas em dados e pequenas melhorias de fácil e rápida aplicação, são vistas como uma vantagem competitiva sobre as grandes. Como reforçam Slack, Chambers e Johnston (2002), não importa se as melhorias são pequenas, o que importa de fato é que a cada mês (ou qualquer que seja o período adequado) algum melhoramento tenha realmente acontecido.

Reali (2006) ainda destaca a formação de equipes multifuncionais para participarem dos eventos *kaizen*. Estas equipes devem ser formadas por pessoas da área, pessoas das áreas de suporte e pessoas não relacionadas à área. A equipe deve manter-se unida e guiada pelo desejo de mudança. Os objetivos do evento devem ser claros e devem estar vinculados ao plano de melhoria do fluxo de valor (MFV do estado futuro). Por fim, Reali (2006) apresenta alguns exemplos de eventos *kaizen* que podem ser realizados: eventos *kaizen* de qualidade, eventos *kaizen* de 5S, eventos *kaizen* de padronização, eventos *kaizen* de *setup*, entre outros.

O planejamento e execução dos eventos *kaizen* devem ser acompanhados e ancorados em um desenvolvimento preliminar de uma situação futura desejável (que pode ser explicitada pelo MFV). Esta ideia é defendida por Araújo e Rentes (2006), que dizem que sendo conduzido de um modo estruturado, combatendo as reais causas dos problemas, e vinculado a uma visão estratégica de situação futura ideal, o evento *kaizen* torna-se uma ferramenta dinâmica e sustentável para a condução da mudança.

2.4 Ferramentas da qualidade para a melhoria contínua

Existe uma série de ferramentas de apoio que auxiliam no planejamento, na execução e no controle de mudanças. Estas ferramentas possuem funções diversas, mas podem ser associadas às etapas do ciclo PDCA, sendo essenciais para sua aplicação.

Estas ferramentas estão organizadas em dois grupos principais: as sete ferramentas do controle da qualidade (ou simplesmente sete ferramentas da qualidade) e as sete ferramentas do planejamento da qualidade. O primeiro grupo trata do controle da qualidade em processos, envolvendo dados numéricos. O segundo, não utiliza dados numéricos, sendo utilizadas no desenvolvimento de e

gerenciamento de processos (DELLARETTI FILHO, 1996). Estas ferramentas serão apresentadas a seguir.

2.4.1 As sete ferramentas da qualidade

Estas ferramentas visam principalmente ao controle dos processos. São elas (CARPINETTI, 2012):

1. Estratificação: Consiste na divisão de um grupo em diversos subgrupos com base em características distintivas. Com a estratificação dos dados, pretende-se identificar as causas de variação em fatores relacionados ao processo, como local, turno de produção, condições climáticas, métodos e equipamentos.
2. Folha de verificação: É um formulário que contém já impressos os itens que serão examinados, de modo a facilitar o planejamento, a análise e a coleta de dados.
3. Diagrama de Pareto: Reproduz em um diagrama o princípio de Pareto, que afirma que a maior parte das perdas decorrentes de problemas é advinda de alguns poucos, porém vitais problemas, na proporção 80:20, ou seja, 80% dos problemas advém de apenas 20% das causas. Desta forma, se forem identificadas as poucas causas vitais dos problemas, será possível eliminar a maioria das perdas. Um exemplo do diagrama de Pareto é mostrado na figura 2.8:

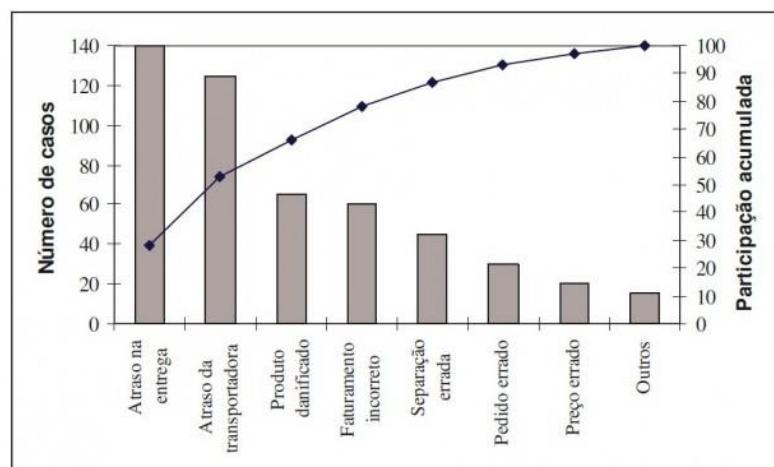


Figura 2.8 - Exemplo de Diagrama de Pareto.

4. Diagrama de causa e efeito: Também chamado de Diagrama de Ishikawa, ou Diagrama Espinha de peixe, representa as relações existentes entre um problema ou o efeito indesejável do resultado de um processo e todas as possíveis causas desse problema, atuando como um guia para a identificação da causa fundamental deste problema e para a determinação das medidas corretivas que deverão ser adotadas. O diagrama é estruturado de forma a mostrar as várias causas que levam a um problema, mostrando como eles estão inter-relacionados. A figura 2.9 apresenta a estrutura básica de um diagrama de causa e efeito, com as causas classificadas entre quatro categorias genéricas. Outras categorias podem ser incluídas de acordo com a necessidade e natureza do problema.

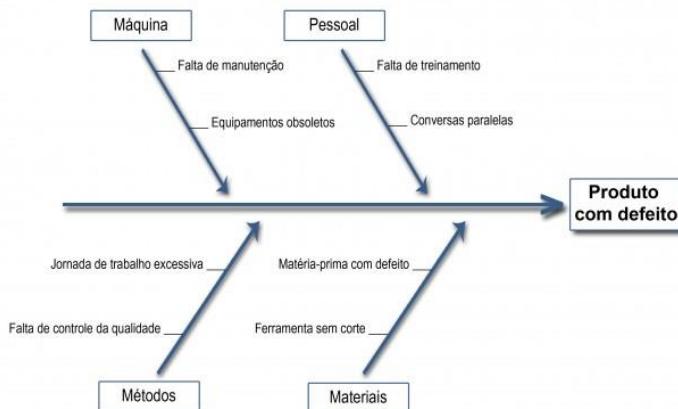


Figura 2.9 - Diagrama de Ishikawa

5. Histogramas: É um gráfico de barras subdividido em pequenos intervalos e que apresenta os valores definidos por uma variável de interesse. Assim, o histograma dispõe de informações de modo que seja possível visualizar a forma como um conjunto de dados está distribuído, destacando-se a localização do valor central e a dispersão dos valores em torno deste. Um histograma permite saber se o processo é capaz de atender às especificações, se a média da distribuição das medidas está próxima ao centro da faixa de especificação e se será necessário adotar medidas para reduzir a variabilidade do processo. Um exemplo de fluxograma é mostrado na figura 2.10:

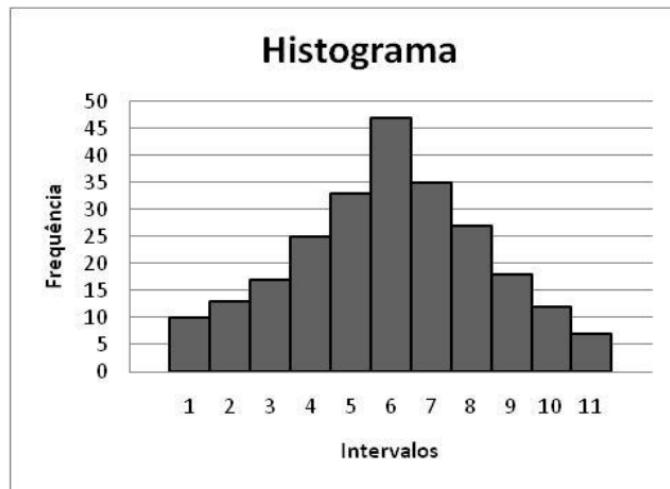


Figura 2.10 - Exemplo de histograma.

6. Diagrama de dispersão: É um gráfico utilizado para visualizar a relação existente entre duas variáveis. Costumam relacionar causa e efeito, podendo esta relação ser positiva (aumento de uma variável leva ao aumento da outra), negativa (o aumento de uma variável leva à diminuição da outra) ou inexistente (a variação de uma variável não interfere na outra), conforme mostrado no gráfico 2.1:

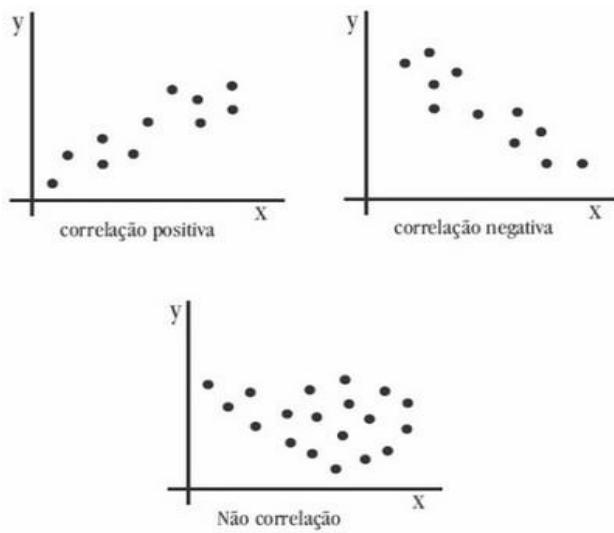


Gráfico 2.1 - Gráficos de dispersão e suas correlações.

7. Gráficos de controle: Servem para garantir que o processo opere dentro de suas condições ideais. É construído a partir das médias e das amplitudes de amostras, que variam dentro de um limite superior e

inferior estabelecidos. Quando um processo está dentro desses limites, é dito que está em controle estatístico, e os resultados devem se distribuir aleatoriamente seguindo um padrão de distribuição normal. Caso contrário, se o processo não estiver em controle estatístico, este apresentará resultados fora dos limites do gráfico ou com distribuição não aleatória. Um exemplo do gráfico de controle é apresentado no gráfico 2.2.

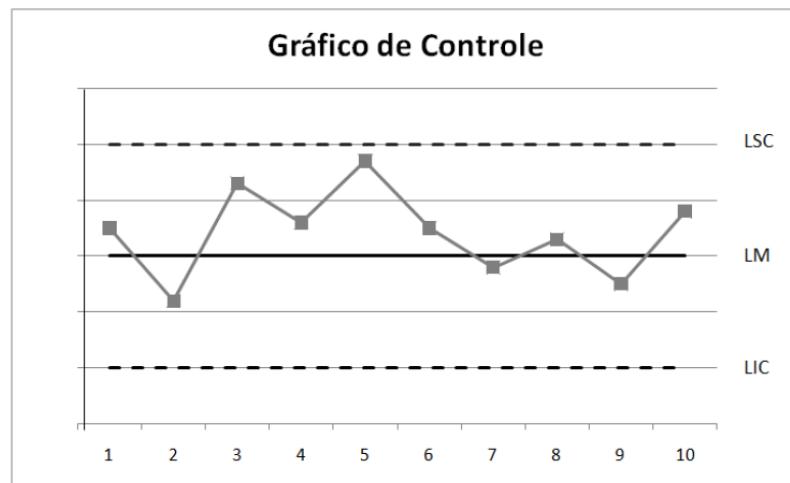


Gráfico 2.2 - Exemplo de gráfico de controle.

2.4.2 Ferramentas de planejamento da qualidade

Dellaretti Filho (1996) diz que as ferramentas do planejamento da qualidade têm dois objetivos principais: organizar ideias e auxiliar no planejamento das ações que resolverão um problema.

São as seguintes (CARPINETTI, 2012):

1. Diagrama de relações: Constitui um mapa de relações entre um efeito indesejável e suas causas. É usado como uma alternativa para o diagrama de Ishikawa, buscando levantar as causas-raízes de um problema, porém ilustra mais claramente as cadeias de relacionamentos de causa e efeito. Este diagrama está ilustrado na figura 2.11.

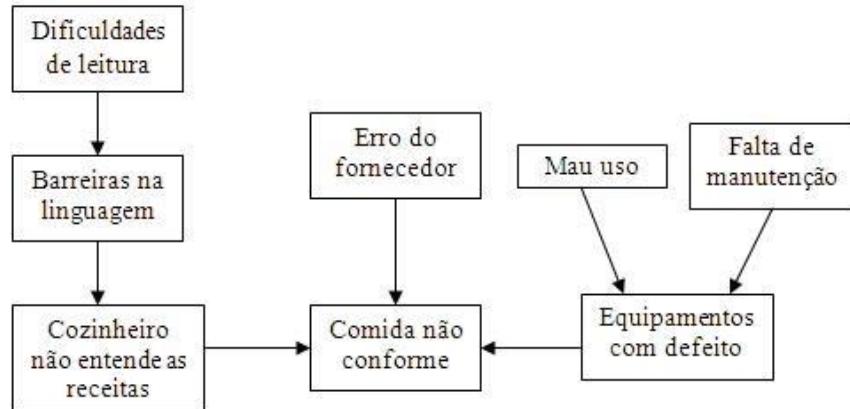


Figura 2.11 - Diagrama de relações.

2. Diagrama de afinidades: Agrupa ideias semelhantes relacionadas a um mesmo tema, eliminando redundâncias, identificando lacunas no processo de levantamento de ideias e compreendendo melhor o fenômeno (figura 2.12). Este diagrama, assim como o diagrama de relações, é construído a partir do processo de *brainstorming* para levantamento de ideias.

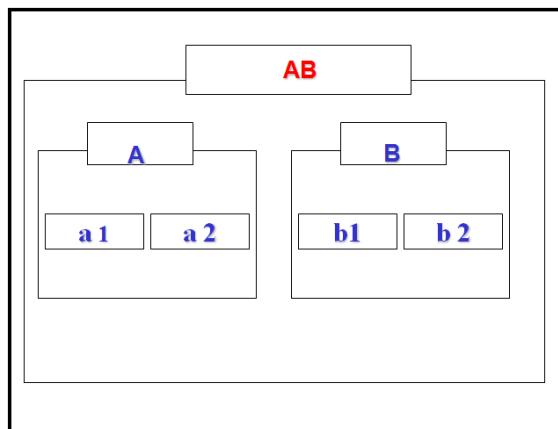


Figura 2.12 - Diagrama de afinidades.

3. Diagrama de árvore: Faz o detalhamento ou desdobramento de uma ação ou atributo em níveis hierárquicos. Pode ser usado para desdobrar os requisitos de um produto, as atividades de um processo, a estrutura de componentes de um produto e a estrutura funcional de uma organização (organograma). Um exemplo de aplicação é mostrado na figura 2.13.

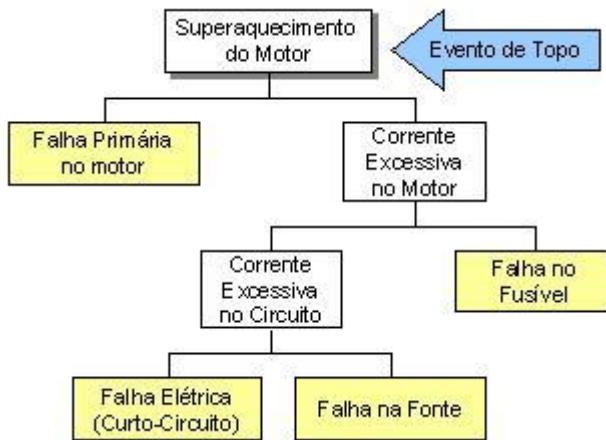


Figura 2.13 - Diagrama de árvore.

4. Matriz de priorização: Relaciona fatores a critérios de prioridade. A partir desta matriz, pode-se priorizar uma lista de ações de melhoria baseada em critérios como redução de custos e melhoria da satisfação dos clientes. É utilizada para se definir quais critérios devem ser prioritários, de acordo com a definição de pesos para cada um dos fatores. Um exemplo genérico desta matriz é mostrado na figura 2.14:

Grupo B				Prioridade
Critério 1	Critério 2	Critério 3	...	
Grupo A	peso 1	peso 2	peso 3	...
Fator 1				
Fator 2				
Fator 3				
...				

Figura 2.14 - Matriz de priorização (CARPINETTI, 2012).

5. Matriz de relações: Procura identificar a existência de relações entre as variáveis e seus graus de relacionamento (forte, fraco, médio), como por exemplo, requisitos da qualidade do produto e características de projeto do produto. Um exemplo típico é utilizado na matriz casa da qualidade, como ilustrado na figura 2.15.

	Capacidade de carga	Resistência ao Avanço	Eficiência Propulsiva	Comportamento Estrutural	Manobrabilidade	Estabilidade	Seakeeping
Forma	5	10		1	2	4	4
Sistema Propulsivo	1		10				
Compartimentação / Arranjo Geral	4			1		6	4
Top. Estrutural				8			
Sistema de Governo					8		2

Figura 2.15 - Matriz de relações.

6. Diagrama de processo decisório: Ferramenta que tenta sistematizar o processo de decisão, ilustrando o encadeamento entre as decisões tomadas e as consequências dessas decisões por meio de um diagrama de árvore (figura 2.16). Após um processo de análise deste diagrama, em que alternativas são identificadas e analisadas de acordo com a probabilidade de ocorrência, pode-se enfim tomar uma decisão com maior clareza das consequências.

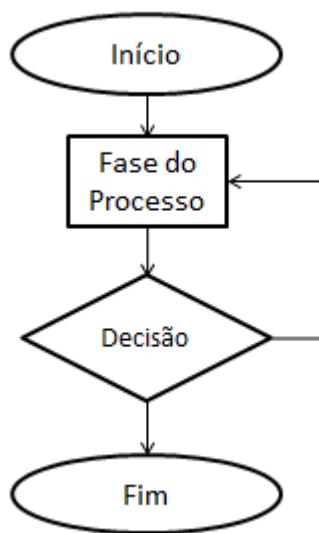


Figura 2.16 - Diagrama de processo decisório.

7. Diagrama de atividades: Também chamado de diagrama de setas, é uma rede de precedências usada para planejamento das atividades para se atingir um determinado objetivo, especialmente em situações em que

haja um grande número de atividades com precedências sobre as outras. Esta ferramenta está ilustrada na figura 2.17.

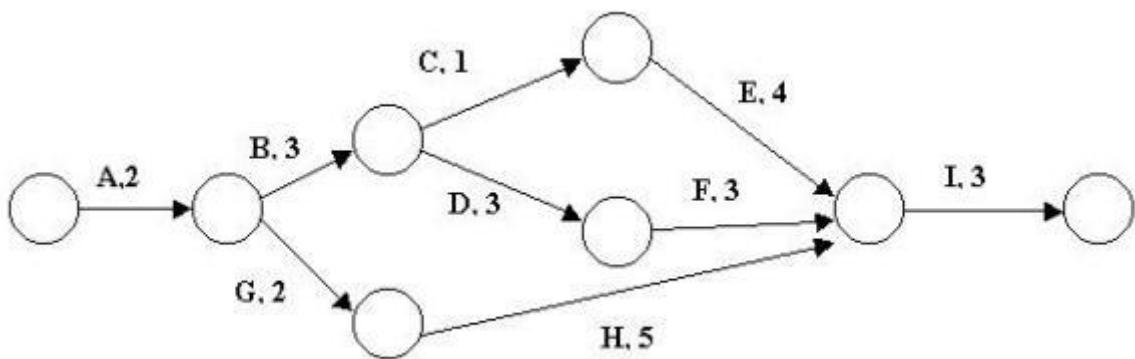


Figura 2.17 - Diagrama de atividades.

2.4.4 Outras ferramentas da qualidade

As ferramentas citadas acima fazem parte dos dois grupos principais de ferramentas da qualidade. No entanto, existem outras ferramentas que não estão encaixadas em nenhum desses grupos, mas que também possuem importância fundamental no planejamento e controle de melhorias. São elas: mapeamento de processos, 5W2H e 5S.

O mapeamento de processos representa a lógica de funcionamento de uma organização. Ele mostra graficamente o relacionamento entre os elementos e as atividades de um processo, explicitando as variáveis de entrada e saída e as operações realizadas ao longo do processo. Estes mapas permitem uma melhor compreensão dos processos de negócios e das relações sistêmicas dos processos da empresa, tornando o conhecimento sobre as operações da organização mais explícito, sendo útil para a tomada de decisões sobre melhoria de processos (CARPINETTI, 2012).

O 5W2H é, segundo Lisbôa e Godoy (2012), uma ferramenta prática que permite a qualquer momento identificar dados e rotinas importantes de um projeto ou de uma unidade de produção, possibilitando identificar quem é quem dentro da organização, o que faz e porque realiza tais atividades. O método é constituído de sete perguntas utilizadas para implementar soluções, conforme na tabela 2.1.

2.1. Dependendo da situação, pode ser utilizado como 5W1H, eliminando algum fator que seja desnecessário.

Método 5W2H			
5W	<i>What</i>	O que?	Que ação será executada?
	<i>Who</i>	Quem?	Quem irá executar/participar da ação?
	<i>Where</i>	Onde?	Onde será executada a ação?
	<i>When</i>	Quando?	Quando a ação será executada?
	<i>Why</i>	Por quê?	Por que a ação será executada?
2H	<i>How</i>	Como?	Como a ação será executada?
	<i>How much</i>	Quanto custa?	Quanto custará para executar a ação?

Tabela 2.1 - Método dos 5W2H
Fonte: Adaptado de Lisbôa e Godoy, 2012

O programa 5S, segundo Campos (1992), visa a mudar a maneira de pensar das pessoas na direção de um melhor comportamento para toda a vida. É uma nova maneira de conduzir a empresa com ganhos efetivos de produtividade para todas as suas áreas e funcionários.

A sigla 5S deriva de cinco palavras japonesas, cada uma representando um “senso”. São elas: *Seiri* (utilização), *Seiton* (ordenação), *Seisoh* (limpeza), *Seiketsu* (asseio) e *Shitsuke* (autodisciplina).

O senso de utilização é o primeiro passo do programa 5S. Neste dever-se-á identificar e eliminar objetos e informações desnecessárias existentes nos locais de trabalho. Deve-se separar o que é importante (possui utilidade) e separar ou descartar o resto. No segundo passo, o senso de ordenação, é preciso arrumar as coisas que sobraram após a seleção determinando um local adequado para cada item. O lema nesta etapa é “Um lugar para cada coisa e cada coisa em seu lugar”.

Após eliminar itens desnecessários e ordenar os úteis, vem o senso da limpeza. Neste ponto, os processos que geram sujeira deverão ser analisados e uma cultura preventiva contra sujeira deve ser implementada.

O senso de asseio faz referência à saúde física e mental do trabalhador e também à geração de padrões para manter o ambiente de trabalho sempre em ordem, de acordo com os senso anteriores.

Por fim, o senso de autodisciplina tem como objetivo conscientizar todos da organização a praticarem o programa 5S e a cumprir os padrões definidos pelos senso anteriores.

Os principais benefícios do 5S são a melhoria do ambiente de trabalho, redução de desperdícios e a melhoria da produtividade, além da melhoria da saúde e segurança do trabalho. (CARPINETTI, 2012).

2.4.5 Relação entre as ferramentas da qualidade e o Ciclo PDCA

Todas as ferramentas descritas acima podem ser utilizadas por uma organização que deseja aprimorar seus processos. No entanto, para conseguir atingir melhorias de forma contínua, pode-se utilizar estas ferramentas atreladas ao ciclo PDCA. Cada uma delas possui uma particularidade que a torna mais efetiva em determinadas etapas do ciclo, seguindo as etapas do MASP. A tabela 2.2 mostra em quais etapas do Ciclo PDCA as ferramentas de controle e planejamento da qualidade são mais efetivas, além do mapeamento de processos, 5W2H e 5S.

A análise da tabela 2.2 mostra que as ferramentas para controle da qualidade são mais utilizadas em todas as etapas do PDCA, com grande destaque na fase de planejamento. Já as ferramentas de planejamento da qualidade (gerenciais), são utilizadas nas etapas de planejamento e ação corretiva, não sendo muito efetivas nas fases de execução e verificação.

Destaca-se também o programa 5S, que é uma excelente ferramenta para ser utilizada em qualquer fase do Ciclo PDCA, mostrando-se uma ferramenta essencial e efetiva para a busca da melhoria contínua.

		Sete ferramentas de controle da qualidade							Sete ferramentas de planejamento da qualidade				Outras ferramentas					
Fases do PDCA		Estratificação	Folha de verificação	Diagrama de Pareto	Diagrama de causa e efeito	Histograma	Diagrama de dispersão	Gráfico de controle	Diagrama de relações	Diagrama de afinidades	Diagrama em árvore	Matriz de priorização	Matriz de relações	Diagrama de processo decisório	Diagrama de atividades	Mapeamento de processos	5W2H	5S
P	① Identificação	●	●	●	●	●		●		●	●	●			●		●	
	② Observação	●	●	●	●	●	●	●		●	●			●		●	●	
	③ Análise	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●		●	●	
	④ Plano de ação								●	●	●			●	●	●	●	
	⑤ Execução	●	●					●							●	●	●	
	⑥ Verificação	●	●	●		●	●	●							●	●	●	
	⑦ Padronização	●	●											●	●	●	●	
	⑧ Conclusão			●		●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	

Tabela 2.2 - Relação das ferramentas da qualidade com as fases do Ciclo PDCA.

Fonte: Adaptada de DelmettiFilho, 1996.

3. PLANEJAMENTO DO CASO

3.1 Descrição da empresa

Este estudo foi realizado em uma empresa de engenharia elétrica. A planta analisada está localizada no estado São Paulo, e é uma montadora de painéis de baixa tensão. Estes painéis funcionam como centros de controle e proteção, garantindo a geração e transmissão de energia. A planta em questão possui capacidade média de produção de setenta painéis por mês.

A empresa vê a qualidade de seus produtos como um fator primordial para enfrentar a concorrência. Está em fase de obtenção das certificações ISO 9001 e ISO 14001, o que mostra a preocupação da empresa com questões de qualidade e sua importância como diferencial competitivo.

Dentre outras formas, a melhoria contínua está presente na empresa na forma de círculos de melhoramentos contínuo, que funcionam de modo semelhante a um evento *kaizen*. Nestes, um problema específico é abordado por uma equipe multifuncional, e por meio da aplicação de ferramentas da qualidade, busca-se uma solução.

Além dos círculos de melhoria contínua a empresa possui um programa de estímulo a ideias de todos os colaboradores. Este programa valoriza ideias simples e inovadoras vindas de colaboradores de todos os níveis, estimulando a participação e envolvimento de todos com a melhoria de processos e premiando ideias que são aplicadas e trazem alguma forma de melhoria à empresa.

Por fim, a empresa estimula a busca por melhorias em seus processos, de modo a se atingir novos níveis de excelência.

3.2 Descrição do caso aplicado

Ao entrar na linha de produção, o painel passa por três processos diferentes até estar completo: montagem mecânica, montagem elétrica e campo de provas, onde são realizados os testes finais.

Na montagem mecânica é montada a estrutura física do painel e todos os equipamentos são fixados a esta estrutura. A montagem elétrica realiza toda a passagem e conexão dos cabos dos painéis, seguindo um diagrama de fiação, e por fim, o campo de provas faz a conferência do painel, analisando se ele foi

corretamente montado e se os cabos foram corretamente conectados, além de energizar o painel para conferir seu funcionamento, garantindo assim a qualidade do produto antes deste ser enviado ao cliente.

Além de o painel passar pelos três processos citados anteriormente (montagem mecânica, montagem elétrica e campo de provas), há uma célula de produção que precede a montagem elétrica, chamada de pré-montagem elétrica (PME). Esta célula é responsável por preparar os cabos que serão utilizados posteriormente. Esta preparação consiste, basicamente, em cortar os cabos, identificá-los e separá-los de acordo com seu uso na montagem elétrica. A figura 3.1 ilustra os processos de montagem com um diagrama de árvore.

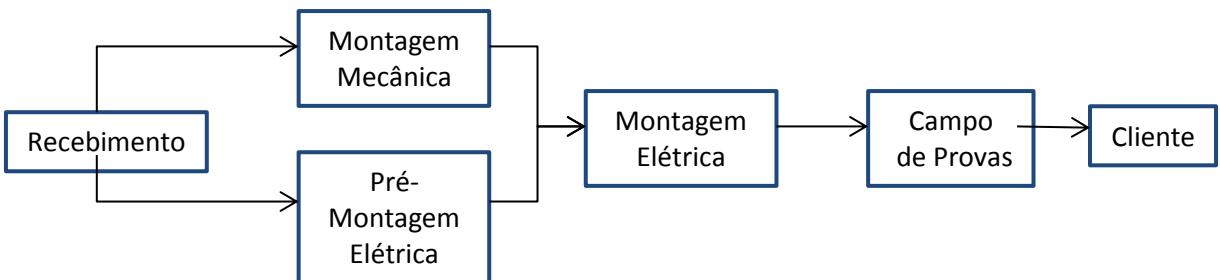


Figura 3.1: Diagrama de árvore para processos de fabricação

O objeto de estudo do presente trabalho foi uma das células de montagem, a PME. Esta célula apresentava altos tempos de ciclo (TC) e alto *lead time* de produção, de modo que ela não conseguia acompanhar o ritmo da montagem elétrica (ME) e consequentemente, o ritmo de produção, exigindo, em períodos de maior demanda, aumentar o número de operadores na célula ou a necessidade de se realizar horas-extras de trabalho.

O objetivo principal do trabalho realizado na PME era, com base em um projeto de produção enxuta, diminuir o TC, aumentando a produtividade da célula e de seus operadores. Outros objetivos eram reduzir desperdícios do processo e padronizar todas as atividades que são feitas na célula, uma vez que estas eram conduzidas da maneira como o operador estava mais acostumado, não sendo, necessariamente, a maneira mais adequada. Deste modo, esperava-se melhorar o processo, atingir um novo nível planejado e manter-se nele.

Para tanto, foram utilizadas uma série de ferramentas, métodos e conceitos relacionados à qualidade que permitiriam atingir um estado de melhoria na célula estudada. A base para a melhoria foi o Ciclo PDCA. Todas as ações foram

realizadas de acordo com as etapas do Ciclo PDCA. Ferramentas e técnicas da qualidade auxiliaram o progresso do projeto. A metodologia *lean* também foi bastante utilizada, principalmente pelo caso se tratar de um problema cujo objetivo era o aumento da produtividade e a redução de desperdícios.

4. APLICAÇÃO E DISCUSSÃO

4.1 Aplicação

O estudo analisado na aplicação foi realizado seguindo os passos apresentados no método PDCA, base para processos de melhoria contínua. Desta forma, está dividido em quatro partes, de acordo com o Ciclo PDCA: planejamento, execução, verificação e controle e ação corretiva.

Seguindo este modelo, ao final do caso será apresentado um resultado prático da aplicação do Ciclo PDCA, e como este auxilia na busca pela melhoria contínua.

4.1.2 Planejamento

A célula da PME é responsável pela preparação dos cabos que serão utilizados na etapa seguinte do processo de montagem de um painel. Cada painel exige cinco caixas com os cabos que serão utilizados, cortados e identificados corretamente de acordo com um diagrama de fiação que é desenvolvido pelo setor de engenharia do projeto. Dessa forma, este posto de trabalho é responsável por cortar os cabos que serão utilizados na montagem em seus tipos e tamanhos já pré-determinados, e em seguida identificar corretamente cada uma de suas pontas, usando a chamada anilha, um tipo de identificador que possui impresso em si os pontos de origem e destino de cada um dos cabos. Para colocar este identificador no cabo, deve-se primeiro inseri-lo em um porta-identificador, também chamado de luva. Os cabos podem variar em cor, comprimento e área da secção, e na célula há um varal onde cada corda recebe um tipo específico de cabo.

Apesar de ser uma atividade relativamente simples, o tempo de ciclo apresentado estava muito elevado, impossibilitando este processo de acompanhar o processo posterior (montagem elétrica), que é dependente direto do primeiro. Assim, optou-se em aplicar nessa célula um projeto de produção enxuta, para torná-la mais produtiva permitindo-a acompanhar o ritmo dos processos seguintes.

A fábrica como um todo, pretende tornar-se mais enxuta, e para isso, iniciou-se um projeto de implantação da cultura *lean* em todos os processos fabris, iniciando com a PME.

A partir desses pontos, foram levantados os objetivos principais a serem atingidos com a implantação do projeto de produção enxuta:

- Aumentar a produtividade da célula
- Determinar capacidade de produção da célula
- Definir procedimentos padrão
- Definir *layout* padrão da célula
- Desenvolver indicadores de desempenho

A partir destes objetivos, iniciou-se o projeto de produção enxuta com foco em reduzir e eliminar o máximo possível dos desperdícios encontrados no processo.

4.1.2.1 Desenvolvimento do Estado Atual

Definidos os objetivos do projeto, e identificadas as prováveis causas do problema, foi realizado um levantamento das informações do estado atual da célula (estado no momento em que se iniciaram os estudos). O objetivo final deste levantamento é coletar informações suficientes para desenhar o Mapa do Fluxo de Valor, que representa todo o processo. A célula possuía dados históricos como o tempo gasto em cada operação e o tempo de ciclo total para a preparação dos cabos de um painel na PME, porém, devido à ausência de um padrão de trabalho e alta variação nos dados, optou-se por coletar novas informações e desconsiderar os registros anteriores.

O levantamento de informações foi feito da seguinte forma:

- Mapear os processos da célula;
- Relacionar dependência entre processos;
- Registrar movimentação de todos os operadores;
- Coletar tempos de processo em três amostras;
- Construir gráfico da distribuição de trabalho
- Desenhar Mapa do Fluxo de Valor (Estado Atual);
- Identificar desperdícios e oportunidades de melhoria;

O primeiro passo foi mapear todas as atividades da célula, destacando suas respectivas entradas e saídas. A partir do processo mapeado, dividiu-se as

atividades da célula em três operações diferentes: corte de cabos, colocação de luvas e anilhamento dos cabos. A relação entre as dependências dessas três operações pode ser visualizada no diagrama de atividades ilustrado na figura 4.1:

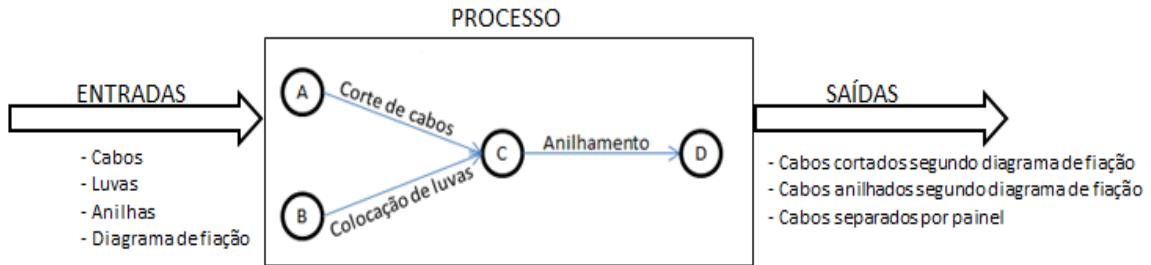


Figura 4.1 - Mapa de processos e dependências das atividades da PME

Durante o mapeamento, foi registrada a movimentação total de cada operador dentro da célula, através de um Diagrama *Spaghetti*.

O Diagrama *Spaghetti* mostra todas as movimentações e deslocamentos realizados dentro de uma célula durante uma determinada operação, indicando o quanto cada operador deve se deslocar para realizar uma determinada atividade. Este diagrama pode ser visto na figura 4.2:

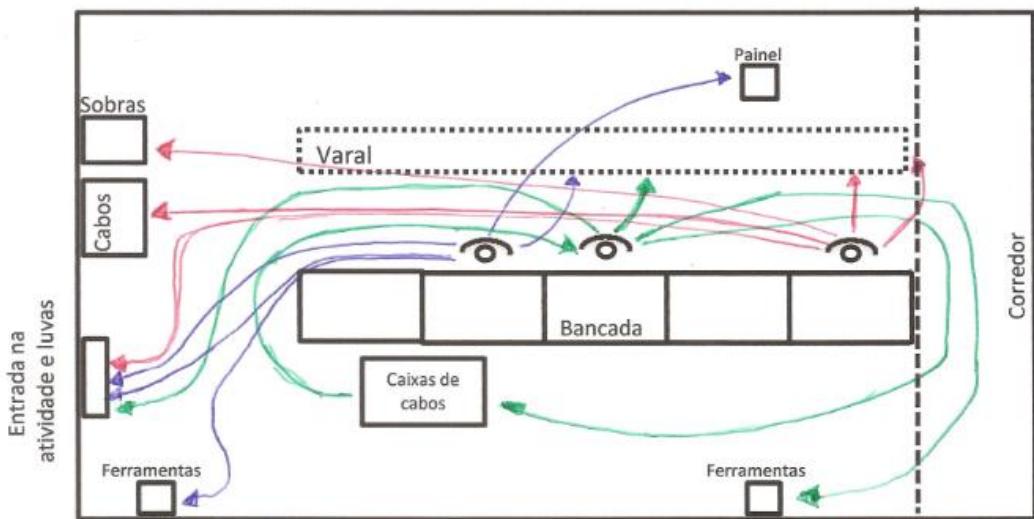


Figura 4.2 - Diagrama Spaghetti – Estado atual

Seguindo o diagrama com as movimentações dos três operadores, constatou-se que o total caminhado por eles durante a atividade é de 235m.

Mapeado o processo, e entendido cada etapa dele, a etapa seguinte foi coletar os tempos de ciclo de cada atividade e do processo como um todo. Para isso, foram selecionados três projetos, que foram analisados em condições normais

de ritmo e trabalho (três operadores trabalhando na célula, método não padronizado, estoques intermediários, falta de materiais etc.). Como se trata de um produto não seriado, cada painel possui equipamentos em tipos e volume diferentes um do outro, sendo necessário buscar uma forma de representar os dados coletados em uma unidade comum, que possa ser comparada com as demais. Cada painel possui um número diferente de cabos necessários, sendo que a relação entre número de cabos por painel e tempo trabalhado é diretamente proporcional. Como a PME trabalha apenas com cabos, a solução para isto foi determinar a capacidade de produção na unidade minutos por cabo (min/cabo). Assim, obteve-se a média dos tempos das medições realizadas pela média do número de cabos preparados (tabela 4.1):

Tempos de ciclo - Estado Atual	
Atividade	min/cabo
Corte de cabos	0,33
Colocação de luvas	0,35
Anilhamento	1,2
TOTAL	1,5

Tabela 4.1 - Tempos de ciclo – Estado atual

Desta forma, o tempo de ciclo total de cada cabo da PME é de 1,5min/cabo. Observa-se que, o TC é a soma dos tempos dos processos realizados. No caso de processos que ocorrem em paralelo, como o corte de cabos e a colocação de luvas (conforme indicado na figura 4.1) considera-se o de maior valor.

Com base no tempo de ciclo obtido pelas medições, calculou-se a capacidade produtiva da PME por dia, da seguinte forma:

$$\text{Capacidade Produtiva Atual} = 480 \text{ min/dia} \div 1,5 \text{ min/cabo} = \mathbf{320 \text{ cabos/dia}}$$

Considerando o painel mais típico montado pela fábrica, que possui em média 260 cabos, de acordo com a capacidade produtiva encontrada, a PME conseguiria finalizar apenas um painel por dia, o que é um número muito baixo comparado com a demanda da montagem elétrica, que é de cerca de dois painéis por dia. Este indicador terá de ser melhorado para garantir um maior fluxo de produtos acabados da PME para a montagem elétrica.

A partir da análise e coleta dos tempos, tem-se o gráfico de distribuição de trabalho por operador, que indica o quanto cada operador contribui para a realização de cada painel. Este gráfico permite visualizar o balanceamento entre as atividades de cada um dos operadores. Uma situação ideal seria que eles estivessem alinhados e um pouco abaixo do tempo *takt* de produção, garantindo que nenhum deles estaria nem com tempo ocioso, nem com capacidade inferior à demandada. Conforme ilustrado no gráfico 4.1, que representa o balanceamento de uma das amostras analisadas, não há um balanceamento entre os operadores no estado atual, havendo muito tempo ocioso para o operador 1 e baixa capacidade de produção dos operadores 2 e 3. O tempo-*takt* foi calculado da seguinte forma:

$$\text{Tempo-}takt = \frac{\text{Total de tempo trabalhado no mês}}{\text{Demanda total do mês}} = \frac{480 \frac{\text{min}}{\text{dia}} \times 20 \text{ dias}}{58 \text{ painéis}} = 165 \frac{\text{min}}{\text{painel}}$$

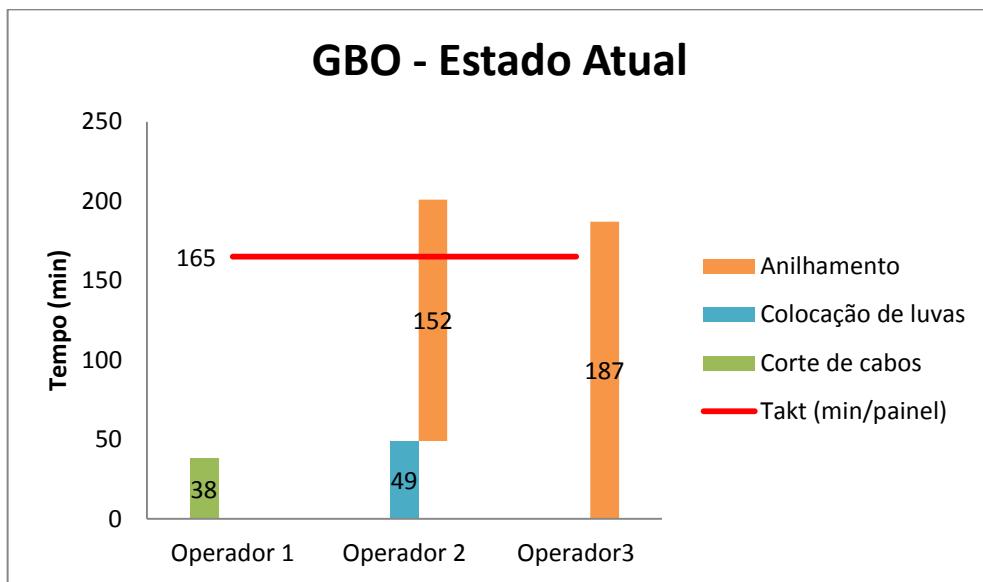


Gráfico 4.1 - Gráfico de balanceamento de operadores – Estado Atual

A análise deste gráfico permitiu visualizar o número de operadores necessários para realizar o processo completo. Foi feito da seguinte forma:

$$\text{Nº de operadores} = \text{Tempo Total Trabalhado}/\text{Tempo Takt}$$

$$\text{Nº de operadores} = 426/165 = 2,5 \text{ operadores}$$

Ou seja, mantendo as mesmas condições de trabalho, apenas com três operadores seria possível produzir a quantidade esperada no estado atual, sendo que um deles ficaria metade de seu tempo ocioso.

Com base nas informações coletadas acima foi feito o Mapa do Fluxo de Valor (MFV). O MFV é uma ferramenta importantíssima, que permite visualizar todo o fluxo de valor em um processo. Ele descreve todo o fluxo de informações que ocorre desde o cliente até o processo de fabricação, e descreve este último com informações detalhadas como o tempo de ciclo, tempo de processamento, número de horas disponíveis por dia, número de operadores envolvidos em cada atividade, entre outras, além de destacar e mensurar a quantidade total de estoques envolvidos no processo (antes, durante e depois). A partir desta ferramenta, é possível enxergar o quanto do processo realmente agrega valor ao produto final, possibilitando assim, tomar ações de melhoria com o intuito de reduzir o tempo de não agregação de valor.

O MFV do estado atual da PME está representado na figura 4.3:

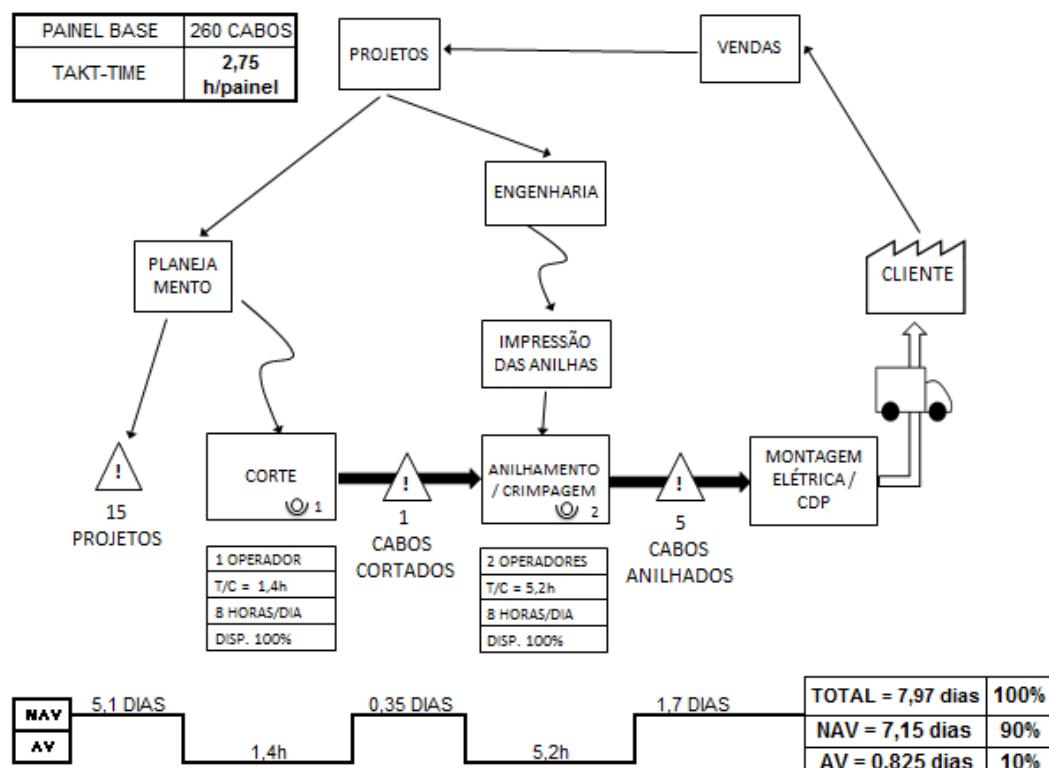


Figura 4.3 - Mapa do Fluxo de Valor (MFV)

O último passo da análise consistiu em descrever todos os desperdícios encontrados no processo, classificando-os dentro de cada uma das sete classificações existentes, segundo a metodologia *lean* (tabela 4.2).

Com base no MFV e nos desperdícios encontrados no processo, foi elaborado um Diagrama de Ishikawa, com o objetivo de se encontrar a causa raiz do

problema enfrentado pela célula: os altos tempos de ciclo. Os resultados obtidos estão ilustrados na figura 4.4:

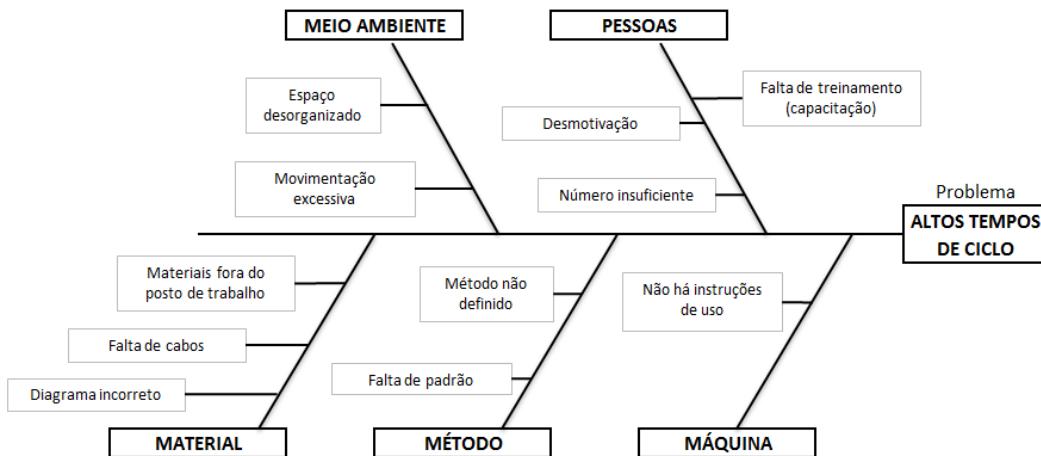


Figura 4.4 - Diagrama de Ishikawa para detecção de problemas

Deste modo, a partir dos dados levantados, destacou-se as causas mais relevantes para o problema, entre as quais se pode citar:

- Falta de métodos e procedimentos padrões;
- Falta de materiais no momento e local adequado
- Movimentação excessiva
- Falta de capacitação dos operadores;

Os resultados observados nessa análise formam a base para o desenvolvimento da proposta de melhoria a ser aplicada na célula. Esta proposta consiste na criação de um método de trabalho padronizado, capacitação dos operadores, garantir que todos os materiais necessários estejam disponíveis no momento e local adequados e eliminar, ou reduzir, os desperdícios encontrados. Uma vez implantadas as melhorias, deverão ser feitas novas medições de tempo para ver se houve redução no TC e aumento da produtividade da célula. Uma vez determinada a nova capacidade de produção, poder-se-á fazer um planejamento mais seguro, e indicadores de desempenho poderão ser criados para o controle da produção.

4.1.3 Execução

Após definir o processo a ser estudado, os objetivos do trabalho e os pontos principais que necessitam de melhorias, além de realizar a coleta de dados do

estado atual, que será utilizada para efeito de comparação, finda-se a fase de planejamento. A próxima etapa do Ciclo PDCA é a execução. Nesta fase, as intervenções programadas anteriormente serão colocadas em prática, visando à melhoria do processo.

A primeira ação realizada foi a conscientização dos operadores envolvidos com as mudanças que irão ocorrer. Sabendo das alterações que iriam acontecer, eles se mostraram dispostos a apoiar as mudanças, visto que estas iriam torná-los mais produtivos em suas atividades.

Feito isso, começou-se a tomar medidas para a eliminação ou redução dos desperdícios mapeados anteriormente. Para cada desperdício identificado, foi tomada uma contramedida, seguindo o diagrama 5W1H conforme tabela 4.2:

	5W1H					
	What	Who	Where	When	Why	How
Categoria	Desperdício	Setor responsável	Local da ação	Prazo	Causa	Contra-medida
Super-processamento	Fazer setup da máquina sem conhecê-la	Processos	Posto de corte	25/jul	Falta de orientação	Disponibilizar manual da máquina
Inventário	Cabos de outros projetos na gaiola	Processos	Posto de corte	25/jul	Poucas gaiolas disponíveis	Dividir gaiola para suportar vários projetos sem misturá-los
Defeitos	Cabos não cortados	Processos	Produção	30/ago	-	Será analisado em kaizen
Excesso de produção	Produção maior do que a necessidade diária	Planejamento	Produção	19/jul	Falta de plano diário	Criar supermercado com capacidade limitada
Movimentação	Descartar sobras	Processos	Produção	19/jul	Não há recipiente adequado	Colocar recipiente próprio para descarte
	Descartar embalagens de cabos	Processos	Posto de corte	19/jul	Lixeira fica distante	Aproximar lixeira do posto
	Buscar equipamentos fora da bancada (SS)	Processos	Célula	19/jul	Equipamentos não possuem local definido	Padronizar layout do setor (SS)
	Verificar posição da régua de borne	Engenharia	Produção	30/jul	Auxilia na produção	Incluir layout construtivo no diagrama de fiação
Transporte	Transportar caixa da bancada para o carrinho	Processos	Produção	19/jul	Bancada distante do carrinho	Aproximar carrinho do posto de trabalho
	Transportar cabos da gaiola até o posto de corte	Processos	Produção	19/jul	Gaiola distante da máquina	Colocar máquina próximo à gaiola de cabos
	Transportar caixa vazia até a bancada	Processos	Produção	19/jul	Local inadequado de armazenagem	Definir local para deixar as caixas
Espera	Esperar líder disponibilizar sequência de produção	Planejamento	Mesa do líder	25/jul	Falta de programação diária	Liderança define produção um dia antes
	Esperar líder disponibilizar cabos do projeto	Logística	Almoxarifado	30/ago	Almoxarifado não se comunica com produção	Será analisado em kaizen

Tabela 4.2: 5W1H – desperdícios e contra-medidas

Esta ação contra os desperdícios possibilitou algumas alterações no *layout*, com diminuição significativa de movimentação. Resolveu-se o problema de falta de materiais no local e momento correto, principalmente devido à cobrança que passou a existir sobre a liderança para fornecer os materiais no momento oportuno. Reduziu-se o número de cabos preparados incorretamente, e consequentemente o número de retrabalho, através de uma revisão no diagrama de fiação, a partir do qual é feita a preparação dos cabos, adequando-o à necessidade da PME.

Desta forma, ações corretivas e preventivas foram tomadas com foco na eliminação dos desperdícios. Com menos desperdícios, a célula de trabalho torna-se

mais enxuta e produtiva. Porém, mais do que eliminar desperdícios, deve-se criar métodos padronizados a serem seguidos pelos operadores, garantindo assim a uniformidade e eficácia do processo.

Feitas as análises, optou-se por adicionar uma nova atividade no processo da PME, a crimpagem (prensagem) de terminais nas pontas dos cabos. Essa atividade era realizada durante a Montagem Elétrica e, visando a agilizar esta etapa da montagem, alguns cabos passaram a ser crimpados na PME, valendo-se de uma máquina que crimpa terminais e não era utilizada. Dessa forma duas novas atividades que agregam valor ao produto final foram incluídas na PME: a crimpagem de terminais e a decapagem das pontas dos cabos (retirada do plástico que envolve a ponta do cabo, permitindo-se assim, crimpá-lo o terminal).

A etapa seguinte foi criar um método de trabalho padronizado. Os operadores da célula, apesar de saberem como realizar a atividade, a faziam do modo com o qual se sentiam mais à vontade, sem ordem e sem sincronia entre eles.

Deste modo, enquanto um operador anilhava os cabos de um painel, outro já estava anilhando os cabos do painel seguinte, e um terceiro operador já cortava os cabos do painel que só seria anilhado no dia seguinte. A falta de um método padronizado gerava altos tempos de ciclo e estoque em processo de cabos cortados em espera para serem anilhados. O método padrão de como realizar as atividades, mantendo-se sempre em sincronia com os outros operadores foi elaborado focado no fluxo contínuo de uma única peça. Assim, os operadores devem trabalhar um painel por vez, garantindo que este seja entregue em tempos menores e sem a formação de estoques intermediários.

O número de operadores necessários para realizar as atividades dentro do tempo *takt* era de três operadores (calculado na etapa de planejamento). Com as alterações de *layout* e eliminação de desperdícios como tempo de espera e movimentação, além das melhorias atingidas por meio da aplicação do Programa 5S, esperava-se reduzir este número para apenas dois operadores, podendo assim, alocar o terceiro em outras atividades relacionadas à fábrica.

O método de trabalho foi registrado em um fluxograma (figura 4.5) e em uma folha de instrução de trabalho. Este método considera apenas dois operadores: enquanto um corta os cabos, o outro faz a colocação das luvas, trabalhando em paralelo. Ao término dessas atividades, iniciam o anilhamento e crimpagem dos cabos, que são atividades dependentes das duas primeiras. Após anilharem e

crimparem todos os cabos, iniciam o próximo painel. Neste ponto é importante citar que nem todos os cabos são crimpados. Devido à impossibilidade de saber o tipo exato de alguns terminais utilizados, passaram a ser crimpados apenas cabos que utilizem dois tipos específicos de terminais (garfo e olhal).

Este método foi analisado e testado para se calcular o tempo de ciclo e a capacidade de produção da célula. Os dois operadores foram treinados e instruídos a trabalharem seguindo o fluxograma de atividades e as instruções de trabalho, e buscarem melhorar a produtividade do setor. Os resultados das melhorias implementadas serão analisados na próxima fase do Ciclo PDCA, a fase de verificação e controle.

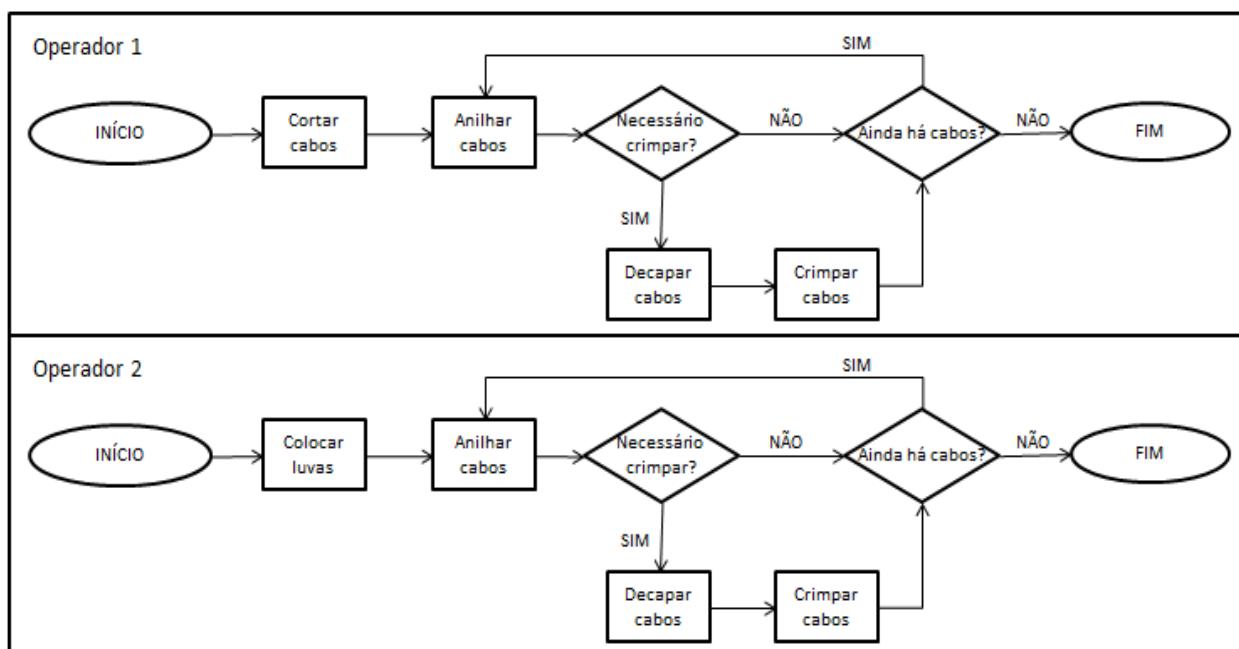


Figura 4.5 - Fluxograma de processos

4.1.4 Verificação e Controle

Colocadas em prática as melhorias planejadas, e realizadas as mudanças necessárias na célula, o passo seguinte consiste em fazer a análise dos resultados obtidos e confrontá-los com o estado atual, para assim poder mensurar e controlar as melhorias. Caso resultados positivos não tenham sido verificados, ou estejam abaixo do planejado, deve-se retornar à etapa de planejamento e fazer novos

estudos para propor novas melhorias, definindo assim, o caráter cíclico do Ciclo PDCA e garantindo uma melhoria contínua dos processos.

A primeira intervenção realizada na célula da PME foi a mudança do *layout*. A diferença mais visível foi a aproximação da máquina de corte de cabos à gaiola onde ficam armazenados os cabos, e a redução do número de bancadas da célula (de cinco para três). Atividades do Programa 5S foram as responsáveis por garantir que apenas os equipamentos e materiais necessários estejam dispostos na bancada, inclusive os terminais utilizados na crimpagem, de modo que o operador não precise sair da bancada enquanto está trabalhando. Foi também comprado um novo par de máquinas de crimpagem de cabos para que cada operador trabalhe em uma única bancada, sem ter que ficar intercalando de posto.

Feitas as alterações, pôde-se perceber uma clara diminuição do total de movimentação realizado, que antes era de 235m, passando para apenas 50m. O desenho do *layout* e das movimentações pode ser visto no diagrama *Spaghetti* do estado futuro (figura 4.6).

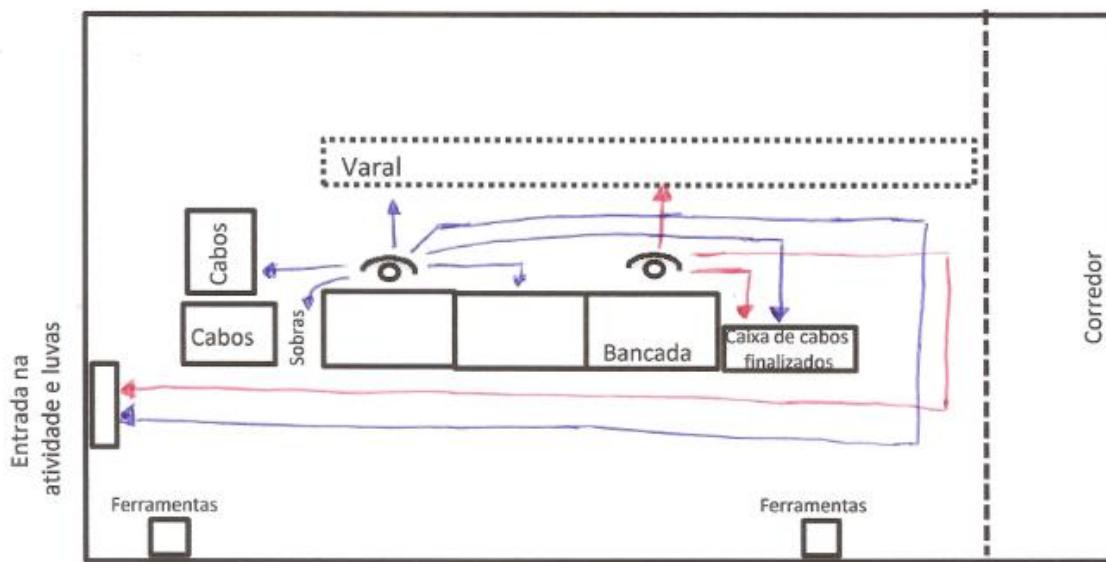


Figura 4.6 - Diagrama *Spaghetti*- Estado Futuro

Com a redução dos desperdícios, os tempos de ciclo também diminuíram. Novamente foram feitas medições de tempos com três amostras. A média desses tempos para cada operação está representada na tabela 4.3:

Tempos de ciclo - Estado Futuro	
Atividade	min/cabo
Corte de cabos	0,25
Colocação de luvas	0,31
Anilhamento e Crimpagem	0,68
TOTAL	0,99

Tabela 4.3 - Tempos de ciclo – Estado Futuro

Percebeu-se também uma melhor distribuição de trabalho por operador, eliminando os tempos ociosos e se aproximando mais do tempo *takt*, conforme gráfico 4.2:

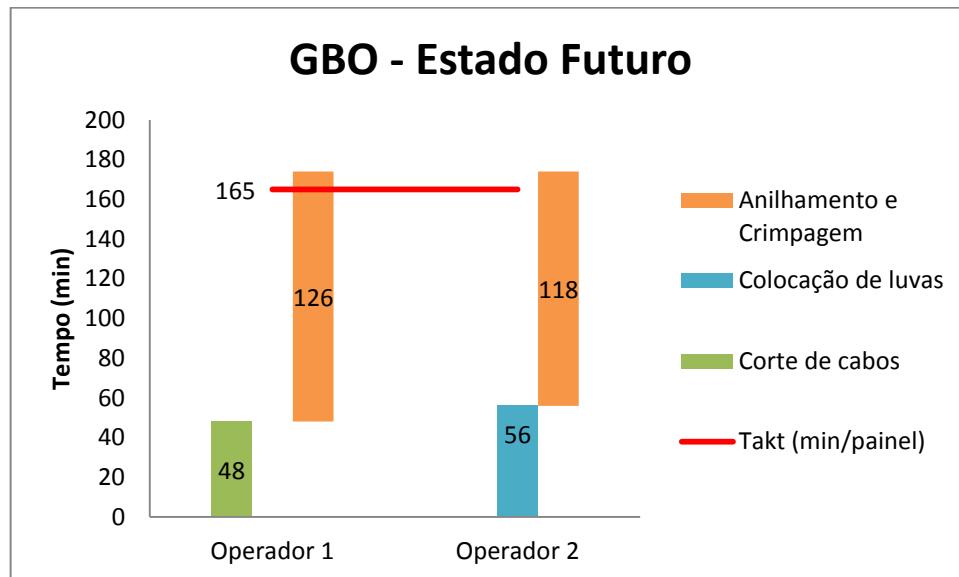


Gráfico 4.2 - Gráfico de Balanceamento de Operadores – Estado Futuro

Dessa forma, desenhou-se um novo MFV, desta vez para o estado futuro, conforme segue ilustrado na figura 4.7:

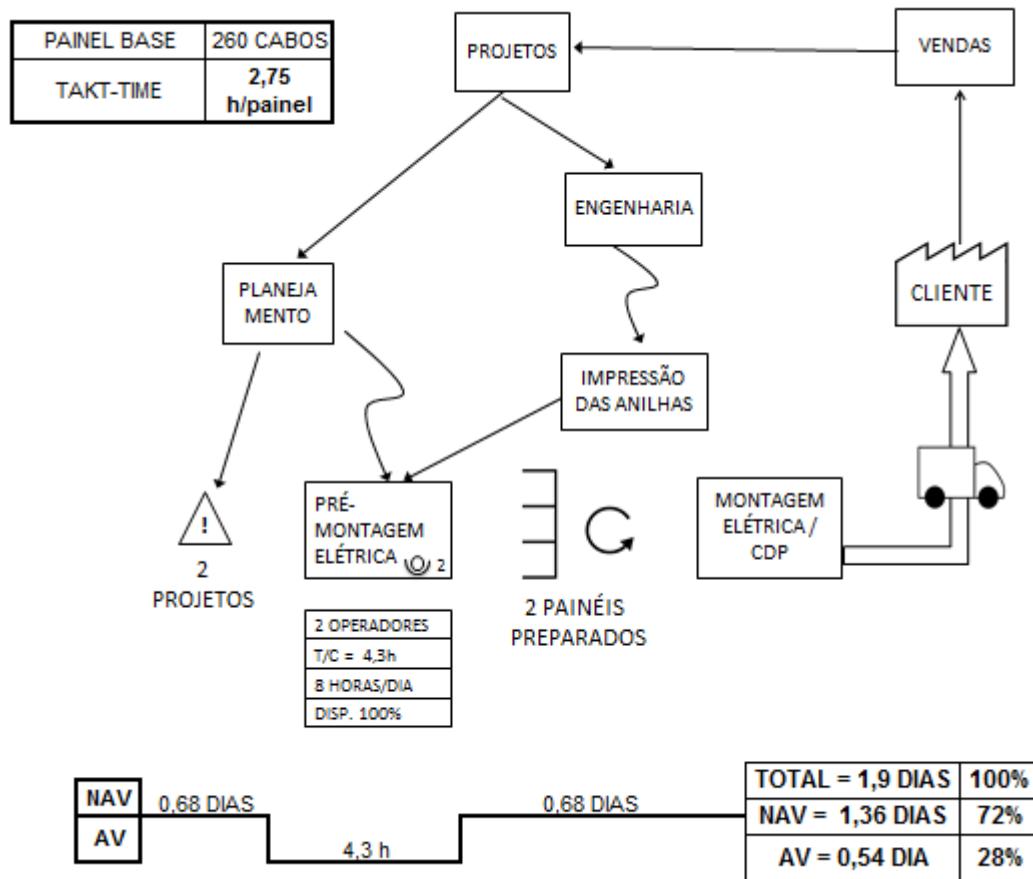


Figura 4.7 - Mapa do Fluxo de Valor – Estado Futuro

O destaque do MFV do estado futuro está, além da eliminação de estoques em processo e da criação de um posto único de trabalho, na criação de um supermercado. Um supermercado é um estoque controlado, que deve ser reabastecido de acordo com o ritmo em que o processo seguinte impõe, classificando um tipo de produção puxada. Assim, a PME produzirá de acordo com o ritmo da montagem elétrica, acabando com os altos estoques.

Além disso, verificou-se uma redução muito considerável no *lead time*. Este tempo, que representa o tempo total de passagem do produto pela linha e que antes era de 7,97 dias, foi reduzido para apenas 1,9 dias, uma redução de 76% que representa um ganho não apenas na PME, mas no sistema como um todo.

A partir do cálculo do TC médio, foi definida a capacidade de produção diária da célula. A partir dessa informação, é possível fazer um planejamento diário da produção dentro das limitações da célula: O cálculo da capacidade produtiva diária foi feito da seguinte forma:

$$\text{Capacidade Produtiva} = 480 \text{ min/dia} \div 0,99 \text{ min/cabo} = \mathbf{485 \text{ cabos/dia}}$$

As melhorias alcançadas em termos de número de operadores, movimentação, tempo de ciclo e capacidade de produção podem ser conferidas na tabela 4.4:

	Estado Atual	Estado Futuro	Ganho
Operadores	3	2	-33%
Movimentação	235m	50m	-78%
Tempo de Ciclo	1,5 min/cabo	0,99 min/cabo	33%
Capacidade Produtiva	320 cabos	485 cabos	51%
Painéis produzidos por dia	1	2	100%

Tabela 4.4 - Tabela-resumo dos ganhos obtidos

Após a implantação das melhorias, foi feito um levantamento com cinco amostras para verificar se os tempos de ciclo estavam dentro dos limites estimados pelo estudo (próximo a 0,99 min/cabo, sendo considerado um resultado positivo até 10% deste, ou seja, 1,1 min/cabo). Os resultados, ilustrados no gráfico 4.3, em geral foram positivos, mostrando que as melhorias realmente aconteceram. Em uma das amostras, houve um tempo muito acima da meta, que ocorreu devido a um erro com o material entregue. Casos como este devem ser resolvidos por meio da ação de eventos *kaizen*.

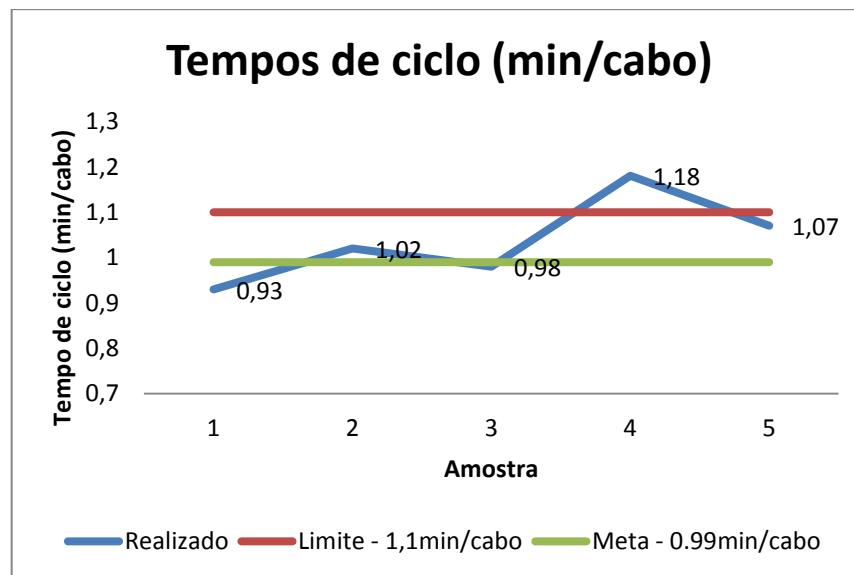


Gráfico 4.3 - Tempos de ciclo para cinco amostras após melhorias

Os resultados das melhorias foram evidentes e reais, principalmente se comparados com os números anteriores como mostrados na tabela 4.4. No entanto, não basta gerar resultados positivos, é necessário que estes resultados sejam sustentáveis, garantindo que eles se repetirão em condições normais de trabalho. Para tanto, é preciso que haja a criação de padrões a serem seguidos e que eles sejam seguidos por todos os envolvidos no processo.

4.1.5 Ação Corretiva

Após a execução das melhorias planejadas, uma vez que sejam verificados resultados positivos e de acordo com os objetivos planejados, chega o momento de padronizar as ações que deram resultados e de agir de forma corretiva em possíveis problemas que possam surgir.

A primeira medida realizada para manter o padrão definido ao longo do processo foi treinar novamente os operadores, relembrando-os do método de trabalho definido no fluxograma e nas instruções de trabalho e conscientizando-os da sua importância para a manutenção das melhorias atingidas. Assim, eles seriam responsáveis por sustentar o novo estado atingido, garantindo que o posto funcionaria dentro dos padrões planejados. Para tanto algumas outras melhorias visando à padronização do trabalho e garantia da melhoria foram adicionadas.

Junto às máquinas utilizadas no processo, foram incluídos manuais com explicações visuais sobre como operar as máquinas e como resolver eventuais problemas. Deste modo, mesmo que uma pessoa que não esteja muito familiarizada com o equipamento estará apta a operá-lo.

O *layout* padrão da célula foi ilustrado na bancada, de modo a garantir que se mantenha sempre organizado, limpo e com cada objeto em seu devido lugar (5S). Foi criada uma planilha com os tempos médios de produção para cada painel (com base no TC e no número de cabos utilizados em cada painel), garantindo que os próprios operadores tenham conhecimento e controle do tempo que eles têm disponível para preparar os cabos de cada painel. Variações nestes tempos são apontadas em uma planilha junto com a causa que a gerou. Estas causas serão posteriormente analisadas e, havendo oportunidade de melhoria, poderão ser realizados eventos *kaizen* para eliminá-las, garantindo a normalidade do processo.

Foi criado também um gráfico para o acompanhamento da produção diária. Uma vez que se sabe a capacidade produtiva da célula, pode-se fazer uma programação diária da produção, e esta é acompanhada pelo gráfico de “Produzido X Planejado” (gráfico 4.4). Da mesma forma como citado acima, qualquer inconsistência entre a quantidade planejada e a quantidade produzida é apontada e suas causas atacadas até se chegar à normalidade do processo.

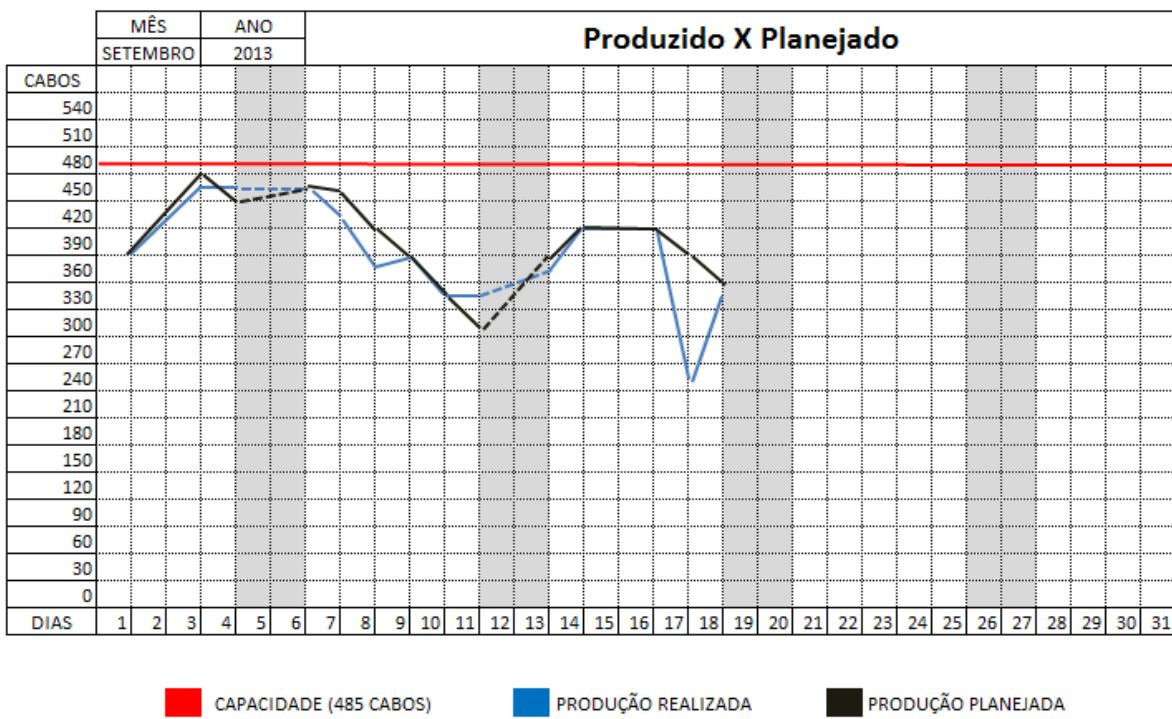


Gráfico 4.4 - Indicador Produzido X Planejado

Mesmo com a padronização dos procedimentos e processo, e controle da produção e das melhorias implantadas, podem surgir situações em que novas intervenções sejam necessárias, como nos casos já citados em que são organizados eventos *kaizen* para atacar problemas pontuais que possam surgir.

No caso deste projeto, verificou-se que em determinados momentos, a demanda por painéis aumenta muito, tornando a capacidade de produção da PME inferior ao necessário. Neste caso, um novo projeto foi iniciado para aumentar a capacidade produtiva da célula, com a adição de mais um operador. Para isso, é preciso retornar ao início do Ciclo PDCA. Foi feito um novo planejamento, novas melhorias foram implantadas, principalmente em relação ao método de trabalho para três operadores, as melhorias foram verificadas e novos procedimentos

padronizados. A tabela 4.5 mostra o resumo dos resultados alcançados neste novo projeto:

	2 Operadores	3 Operadores	Ganho
Movimentação	50m	66m	32%
Tempo de Ciclo	0,99 min/cabo	0,76 min/cabo	-26%
Capacidade Produtiva	485 cabos	632 cabos	30%
Painéis produzidos por dia	2	3	50%

Tabela 4.5 - Comparação dos dados das duas situações futuras

Com este novo método, a produção ganhou maior flexibilidade, podendo se adequar à demanda do mercado, necessitando para isso, apenas alocar um operador a mais na atividade. Os operadores foram treinados para se adequarem ao método sempre que necessário, e têm liberdade para gerirem o posto.

4.2 Discussão dos resultados

Todos os métodos, ferramentas e conceitos que aparecem neste projeto, foram aplicados seguindo a sequência do método PDCA, orientando os resultados para alcançar a melhoria nos processos e garantir a continuidade desta melhoria. Deste modo, passando pelas etapas de Planejamento, Execução e Verificação, novas melhorias foram introduzidas na célula. Porém, após passar por etapas de aprimoramento e padronização, podem surgir novas necessidades que exijam que sejam realizadas novas melhorias em cima das melhorias iniciais (Ação corretiva). Este caso é exemplificado com o estudo que aumenta a capacidade produtiva da célula (podendo utilizar dois ou três operadores) dando flexibilidade para ela, acompanhar as flutuações da demanda.

Os objetivos inicialmente planejados com o projeto foram alcançados, a saber:

1. Aumentar a produtividade da célula

Com as melhorias implementadas, considerando ganhos com a padronização do processo, eliminação de desperdícios e 5S, a produção diária aumentou em 53%, com a diminuição de um operador. Ou seja, a produtividade diária por operador, que antes era de 106,7 cabos passou

para 242,5 cabos, um aumento de 127% na produtividade individual. A redução no *lead time* na célula (76%), além de agilizar o processo, gerou um ganho considerável no sistema como um todo.

2. Determinar a capacidade diária de produção

Antes do projeto, não se sabia qual era a capacidade de produção diária, o que dificultava o planejamento. Com as análises realizadas, determinou-se a capacidade produtiva tanto anterior quanto após as melhorias.

3. Definir procedimentos padrões

Antes da intervenção na célula, cada operador trabalhava da forma e na ordem que achavam mais cômodo para cada um deles. Após o processo ser mapeado, foram definidas as atividades padrões para cada operador da célula, mostradas no fluxograma e no mapa de processos.

4. Definir *layout* da célula

Durante a implantação das melhorias, o *layout* foi modificado, visando a eliminar movimentações desnecessárias e a facilitar o acesso aos materiais que serão utilizados durante o processo. Como resultado, houve redução de 78% no total de deslocamentos na célula.

5. Desenvolver indicadores de desempenho

Visando a controlar a produção e a fazer o acompanhamento das melhorias realizadas ao longo do projeto, foram desenvolvidos indicadores para avaliar o desempenho da célula. Estes indicadores confrontam a quantidade diária planejada com a quantidade diária produzida, permitindo a visualização de possíveis disparidades entre os dois. Anotadas as causas dessas divergências encontradas, é feito uma análise da causa raiz e o problema é atacado até ser solucionado, marcando outra etapa do processo de melhoria contínua.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado um breve histórico do conceito de melhoria contínua, destacando suas origens, pensadores e particularidades. Deu-se destaque a importância de ter-se uma visão de melhorar continuamente e que esta deve estar presente na cultura da empresa, sendo aplicável a todos os seus níveis, garantindo produtos e serviços de boa qualidade e aumentando a competitividade da empresa frente a seus concorrentes.

O trabalho apresentou uma revisão bibliográfica que destacou diferentes conceitos da melhoria contínua e sua importância para as empresas. Durante a revisão bibliográfica, foram mostrados modos de se atingir melhorias e garantir que este processo seja cíclico, em um processo de contínuo aperfeiçoamento. Para tanto, foram apresentadas diversas ferramentas e métodos que orientam as organizações a alcançar um patamar superior em seus processos.

Projetos de produção enxuta e projetos Seis Sigma estão diretamente relacionados aos processos de melhoria da qualidade. Estes métodos visam à eliminação de desperdícios através da aplicação de algumas ferramentas e a padronização de processos, sendo feitas novas intervenções sempre que os resultados se mostrarem fora da área de controle.

Porém, o principal método apresentado foi o Ciclo PDCA (Planejar, Executar, Verificar e Agir), base para um processo orientado para a melhoria contínua, inclusive em projetos de produção enxuta. Em cada etapa do Ciclo PDCA, alguns passos devem ser seguidos a fim de se identificar um problema, criar ações para minimizá-lo ou eliminá-lo, verificar os resultados e padronizar os processos melhorados. Para cada uma dessas etapas, existem ferramentas que auxiliam sua execução, as chamadas ferramentas da qualidade. Estas ferramentas foram apresentadas divididas em dois grupos: as ferramentas de controle e as ferramentas de planejamento. Além dessas, outros métodos, como o 5S, foram também descritos neste trabalho.

Por serem ferramentas simples e de fácil aplicação, podem ser usadas por qualquer pessoa dentro da organização, possibilitando assim, a criação de uma cultura de melhoria contínua que abrange todos os seus níveis. Além disso, são ferramentas bastante eficientes e que garantem a obtenção de bons resultados.

Ao término da revisão bibliográfica, foi feita uma análise do processo de melhoria contínua com uso do método PDCA aplicada em um projeto de produção enxuta. Apesar de o caso apresentado não ter sido desenvolvido seguindo fielmente os passos definidos pelo Ciclo PDCA, ao término deste, notou-se que o método acabou sendo usado de forma intuitiva, sendo que o caso pôde ser apresentado seguindo as etapas do ciclo. Deste modo, fica evidenciado o quanto o PDCA é representativo em projetos de melhoria, sendo aplicado mesmo que intuitivamente, em situações diversas. As ferramentas e métodos da qualidade presentes no caso foram alocados de acordo com a etapa do ciclo em que são utilizados. Apesar de nem todas as ferramentas apresentadas terem sido aplicadas ao caso, este mostrou o quanto elas podem ser úteis para um projeto de melhoria contínua. Por fim, o caso mostra como o ciclo PDCA orienta a obtenção de resultados de melhoria de forma contínua, auxiliado pelas ferramentas da qualidade.

Os resultados apresentados no caso mostram como por meio da aplicação de métodos e ferramentas simples, pode-se atingir a melhoria de processos. O caso mostrou também, que mesmo após um processo ser melhorado e atingir um novo patamar, são identificadas novas oportunidades de melhorias, e a realização destas e das que virão posteriormente, caracteriza esse processo como um processo de melhoria contínua, que deve ser seguido.

Assim, a melhoria contínua se mostra algo essencial para qualquer organização que queira se manter competitiva no mercado. Ela pode ser atingida por meio da aplicação de métodos simples e de grande eficácia, que não necessitam de grande conhecimento técnico e que gerarão resultados positivos.

Porém, a melhoria contínua só se torna sustentável quando há o envolvimento e comprometimento de todos da organização. Sendo assim, é essencial que haja uma cultura organizacional forte e focada em garantir a melhoria contínua. Esta é uma dificuldade bastante presente nas organizações que buscam melhorar continuamente, inclusive na empresa do caso apresentado. A criação e manutenção de uma cultura forte, focada na melhoria contínua de todos os seus processos e em todos os seus níveis, pode ser um tema a ser estudado em próximos trabalhos.

6. REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, J. S. **Sistematização do processo de desenvolvimento de produtos, melhoria contínua e desempenho: o caso de uma empresa de autopeças.** 2006. 121 p. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

ARAÚJO, C. A. A.; RENTES, A. F. **A metodologia *kaizen* na condução de processos de mudança em sistemas de produção enxuta.** Revista Gestão Industrial, Ponta Grossa, v. 2, n. 2, p. 126-135, 2006. Disponível em: <<http://revistas.utfpr.edu.br/pg/index.php/revistagi/article/view/119/116>>. Acesso em maio 2013.

BESSANT, J.; CAFFYN, S.; GALLAGHER, M. **An evolutionary model of continuous improvement behavior.** Technovation, v. 21, p. 67-77, 2000. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0166-4972\(00\)00023-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0166-4972(00)00023-7)>. Acesso em: maio, 2013.

BHUIYAN, N.; BAGHEL, A. **Na overview of continuous improvement: from the past to the present.** Management Decision, v. 43, n.5, p. 761-771, 2005. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=1502251&show=abstract>>. Acesso em: maio 2013.

BRANDÃO JÚNIOR, C. **O pioneiro esquecido:** Taylor e a gestão da Qualidade nas empresas. Out. 2009. Disponível em: <http://www.administradores.com.br/producao-academica/o-pioneiro-esquecido-taylor-e-a-gestao-da-qualidade-nas-empresas/2337>. Acesso em: jun. 2013.

CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês).** 6. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1992.

CAMPOS, V. F. **TQC: Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-a-Dia.** 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottani, Universidade Federal de Minas Gerais., 1994.

CARNELL, M. **Breakthrough Change:** What it means and Why It Is Needed. 2010. Disponível em: <<http://www.isixsigma.com/implementation/basics/breakthrough-change-what-it-means-and-why-it-is-needed>>. Acesso em: jun. 2013.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da Qualidade:** Conceitos e Técnicas. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CHIAVENATO, I. **Administração dos Novos Tempos.** 1. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços; uma abordagem estratégica.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

DAVENPORT, T. H. **Reengenharia de processos:** como inovar na empresa através da tecnologia da informação. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

DELLARETTI FILHO, O. **As sete ferramentas do planejamento da qualidade.** 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1996. v. 5. (Série Ferramentas da Qualidade).

FEIGENBAUM, A. V. **Total Quality Control.** Mc Graw-Hill, 1986.

FONSECA, A. V. M.; MIYAKE, D. I. **Uma análise sobre o Ciclo PDCA como um método para solução de problemas da qualidade.** In. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., 2006, Fortaleza. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGET2006_TR470319_8411.pdf>. Acesso em maio, 2013.

HARRISON, A. **Just in time manufacturing in perspective.** Prentice Hall, 1992.

IMAI, M. **Gemba Kaizen:** estratégias e técnicas do kaizen do piso de fábrica. São Paulo: IMAN, 1996.

JAGER, B.; MINNIE, C; JAGER, J.; WELGEMOED, M. BESSANT, J; FRANCIS, D. **Enabling continuous improvement:** a case of study of implementation. Journal of Manufacturing Technology Management. V. 15, n. 4, p. 315-324, 2004.

LISBÔA, M. G. P.; GODOY, L. P. **Aplicação do método 5W2H no processo produtivo do produto:** a joia. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering., Florianópolis. v. 4, n. 7, p. 32-47, 2012. Disponível em: <<http://www.incubadora.ufsc.br/index.php/IJIE/article/view/1585>>. Acesso em: jun. 2013.

LIZARELLI, F. L.; ALLIPRANDINI, D. H.; MARTINS, R. A. **Análise das similaridades e diferenças entre as diferentes abordagens para melhoria.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., 2007, Foz do Iguaçu. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGET2007_TR580439_0280.pdf>. Acesso em jun. 2013.

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria Geral da Administração:** da revolução urbana a revolução digital. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

MOURA, L., R. **Qualidade simplesmente total:** uma abordagem simples e prática da gestão da qualidade. Rio de Janeiro: Qualimark, 1997.

OLIVEIRA, M.; FERREIRA, U. R. **Aplicação da metodologia ‘Seis Sigma’ para redução das perdas de produção na fabricação de celulose.** In. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 27., 2005, Gramado. Disponível em <<http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2005/pdf/arq0150.pdf>>. Acesso em maio, 2013.

PEREZ-WILSON, M. **‘Seis Sigma’:** compreendendo o conceito, as implicações e os desafios. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

QUEIROZ, J. A.; RENTES, A. F.; ARAÚJO, C. A. C. **Transformação enxuta:** aplicação do mapeamento do fluxo de valor em uma situação real. In. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 24., 2004, Florianópolis. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGET2004_Eneget0101_0361.pdf>. Acesso em: maio, 2013.

REALI, L. P. P. **Aplicação da técnica de eventos kaizen na implantação de produção enxuta:** estudo de casos em uma empresa de autopeças. 2006. 102 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar.** 1. ed., São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.

SAIA, R. **O lean manufacturing aplicado em ambientes de produção engineer to order.** 2009. 81 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

SCHROEDER, D. M.; ROBINSON, A. G. **America’s Most Successful Export to Japan: Continuous Improvement Programs.** Sloan Management Review, v. 32, n. 3, p. 67-81, 1991. Disponível em: <<http://sloanreview.mit.edu/article/americas-most-successful-export-to-japan-continuous-improvement-programs/>>. Acesso em: maio 2013.

SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. **Administração da produção.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SOARES, G. P.; LUZ, M. L. S. **Aplicação do PDCA:** um estudo de caso. In. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 11., 2004. Bauru. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_11/copiar.php?arquivo=747-Soares_GP_Aplica%20do%20PDCA.pdf>. Acesso em: maio, 2013.

TRIVELLATO, A. A. **Aplicação das sete ferramentas básicas da qualidade no Ciclo PDCA para melhoria contínua:** Estudo de caso numa empresa de autopeças. 2010. 73 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

WALTON, M. **Método Deming na Prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WERKEMA, M. C. C.; AGUIAR, S. Introdução. In: WERKEMA, M. C. C. **Análise de variância**: comparação de várias situações. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Otttoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1996. v. 6. (Série Ferramentas da Qualidade).

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**: Elimine o desperdício e crie riqueza. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.