

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Bernardo Campbell Bastos

**APLICAÇÃO DE LEAN MANUFACTURING EM UMA
LINHA DE PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA DO SETOR
AUTOMOTIVO**

Taubaté-SP

2012

Bernardo Campbell Bastos

**APLICAÇÃO DE LEAN MANUFACTURING EM UMA
LINHA DE PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA DO SETOR
AUTOMOTIVO**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre no curso de pós-graduação em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Produção Mecânica

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Chaves

Taubaté-SP

2012

BERNARDO CAMPBELL BASTOS

**APLICAÇÃO DE LEAN MANUFACTURING EM UMA LINHA DE
PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA DO SETOR AUTOMOTIVO**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre no curso de pós-graduação em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Produção Mecânica

Data: 08 de dezembro de 2012

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. _____ Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Dr. _____

Assinatura _____

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Chaves, pela habilidade com que orientou nosso trabalho, e a sabedoria para incentivar e motivar nos momentos mais difíceis, com intuito de desenvolver o estudo e também ao aluno.

À bibliotecária da Universidade Federal Fluminense, pelo auxílio de empréstimos de livros e consultas.

Ao Prof. Dr. Luís Alberto Duncan Rangel pelos conselhos e vasto conhecimento na área de Engenharia de Produção.

A empresa PSA Peugeot Citroën, que possibilitou a coleta de dados e aplicação dos conceitos aqui estudados.

RESUMO

A PSA Peugeot Citroën, montadora de origem francesa, possui uma única fábrica no Brasil, localizada em Porto Real, Rio de Janeiro. Essa fábrica monta 29 veículos/hora de oito modelos distintos, sendo quatro modelos da marca Peugeot e quatro da marca Citroën. Essa grande variedade de modelos gera uma complexidade no processo produtivo e grande diversidade de peças. Esta dissertação tem como objetivo analisar o impacto da diversidade, exemplificar os desperdícios no padrão do conceito dos 3MU's (*MUDA, MURI, MURA*) e apresentar um estudo de redução da diversidade geral. Para isso, será utilizada a aplicação das ferramentas e técnicas do “*Lean Manufacturing Concept*”. O sistema de produção *Lean*, que basicamente busca a eliminação de desperdícios, apresenta diversos conceitos que podem e devem ser aplicados nos estudos de eliminação da diversidade. Entre os conceitos que podem ser utilizados, destacam-se Estudos de Tempos e Métodos, *SMED*, *5S*, *Kanban*, Mapeamento de Fluxo de Valor e *Poka-Yoke* e *Kaizen*. Através da análise de casos, se mostra que a redução da diversidade de peças, além de reduzir custos, evitar desperdícios e agregar uma série de benefícios, impacta diretamente em toda a cadeia produtiva da montadora. A redução da diversidade interfere na logística (transporte, movimentação, armazenagem, controle), na qualidade (robustez do processo, variabilidade), na produção (superfície, retrabalhos), nos sistemas (complexa base documental, variedade de sistemas), na engenharia (equipamentos, investimentos, soluções) e nos fornecedores (setups, estoques). Portanto, a presente dissertação é de extrema importância e relevância para que empresas com alto nível de competitividade, como as montadoras, permaneçam a frente no mercado de trabalho e ofereçam as melhores ofertas de custo-benefício.

Palavras-chave: Produtividade, *Lean Manufacturing*, Estudo dos Métodos e dos Tempos, Mapa de Fluxo de Valor e *Kaizen*.

ABSTRACT

PSA Peugeot Citroën, a French automaker, has one plant in Brazil, located in Porto Real, Rio de Janeiro. This factory mounts 29 vehicles / hour of eight different models, four models of Peugeot and Citroën brand four. This great variety of models generates complexity in the production process and wide range of parts. This study aims to analyze the impact of diversity, illustrate wasteful standard concept of 3MU's (MUDA, MURI, MURA) and present a study of reducing overall diversity. This will be used to apply the tools and techniques of "Lean Manufacturing Concept". The Lean production system, which basically seeks to eliminate waste, presents several concepts that can and should be applied in studies of eliminating diversity. Among the concepts that can be used stand out studies Time and Methods, SMED, 5S, Kanban, Value Stream Mapping and Kaizen and Poka-Yoke. Through analysis of cases will demonstrate that reducing the diversity of parts and reduce costs, avoid waste and adding a number of benefits, impacts directly on the entire production chain of the automaker. The reduction of diversity interferes with logistics (transport, handling, storage, control), quality (robustness of process variability), production (surface, rework), systems (complex document base, variety of systems), engineering (equipment, investments, solutions) and suppliers (setups, inventories). Therefore, this work is of extreme importance and relevance for companies with a high level of competitiveness, such as assemblers, stay ahead in the job market and offer the best value for money offers.

Keywords: Productivity, *Lean Manufacturing*, and Study of Methods of Time, Value Stream Map, and *Kaizen*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – A casa da qualidade	13
Figura 2 – Conceito dos 3 Mu	20
Figura 3 – As sete perdas	22
Figura 4 – Forças a favor e contra a implementação da filosofia Lean	23
Figura 5 – Antes da aplicação do balanceamento	27
Figura 6 – Depois da aplicação do balanceamento	27
Figura 7 – Ilustração das diferentes fases da aplicação do método SMED	30
Figura 8 – Aplicação do mapeamento de fluxo de valor	34
Figura 9 – Simbologia aplicada ao mapeamento de fluxo de valor	36
Figura 10 – Exemplo de mapeamento de fluxo de valor com suas simbologias	37
Figura 11 – Padronização de processos.....	38
Figura 12 – O guarda chuva do Kaizen	42
Figura 13 – Exemplo de PDCA	43
Figura 14 – Kaizen com o conceito de PDCA.....	44
Figura 15 – Layout da Linha 1 da área de montagem veicular	49
Figura 16 – Quantidade de versões produzidos na fábrica	55
Figura 17 – Diagrama de Pareto da porcentagem de volume do modelo T33.....	57
Figura 18 – Diagrama de Pareto da porcentagem de volume do modelo T32.....	59
Figura 19 – Diagrama de Pareto da porcentagem de volume do modelo T30/T31	61
Figura 20 – Diagrama de Pareto da porcentagem de volume do modelo N78	63
Figura 21 – Diagrama de Pareto da porcentagem de volume do modelo A8.....	65
Figura 22 – Diagrama de Pareto da porcentagem de volume do modelo T10 / T11	66
Figura 23 – Curva ABC de produção de versão	68
Figura 24 – Supressão máquina levanta vidro	71
Figura 25 – Supressão folha de estanqueidade	72
Figura 26 – Supressão grapa do insono	73
Figura 27 – Supressão calculador BSM.....	74
Figura 28 – Supressão ferramentas.....	75
Figura 29 – Supressão parafuso.....	76
Figura 30 – Fotos 5S (Antes e Depois).....	77
Figura 31 – Fotos 5S e redução de tempo.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Detalhamento das versões do modelo T33	56
Tabela 2 – Detalhamento das versões do modelo T32	58
Tabela 3 – Detalhamento das versões do modelo T30/T31	60
Tabela 4 – Detalhamento das versões do modelo N78	62
Tabela 5 – Detalhamento das versões do modelo A8	64
Tabela 6 – Detalhamento das versões do modelo T10/T11	66
Tabela 7 – Versões suprimidas e suas descrições técnicas	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

3P – Veículo com 3 Portas

5P – Veículo com 5 Portas

A8 – Veículo C3

BdL – Borda de Linha

ERP – Estudo de Robustez de Posto

HC1 – Primeiro Braço de montagem da Linha 1

HC2 – Segundo Braço de montagem da linha 1

JIT – Just-in-time

L1 – Linha de montagem veicular 1

L2 – Linha de montagem veicular 2

LP1 – Linha Produtiva 1

MFV – Mapa de Fluxo de Valor

MV2 – Terceiro Braço de montagem da linha 1

MV3 – Quarto Braço de montagem da linha 1

N78 – veículo Xsara Picasso

PdB – Linha de montagem de painel de bordo

PDCA - Planejamento (P), Executar (D), Verificar (C), Ação corretiva (D).

PCP – Planejamento e Controle da Produção

POM – Linha de montagem de motor e órgãos mecânicos agregada a linha 1

PT – Posto de Trabalho

T1 – Veículo 206

T30 – Veículo 207 3 Portas

T31 – Veículo 207 5 Portas

T32 – Veículo 207 5 Portas SW

T33 – Veículo 207 5 Portas Passion

TC – Tempo de Ciclo

VA – Valor Agregado

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	9
1. INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.2 JUSTIFICATIVA	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 HISTÓRICO DO LEAN	17
2.2 LEAN MANUFACTURING	20
2.3 FERRAMENTAS E METODOLOGIAS DO <i>LEAN MANUFACTURING</i>	25
2.3.1 ESTUDO DOS MÉTODOS E DOS TEMPOS	25
2.3.2 Balanceamento de Linha	26
2.3.3 Troca rápida de ferramenta	28
2.3.4 KANBAN	31
2.3.5 Sistema de prevenção de erro	32
2.3.6 MAPEAMENTO DO FLUXO DO VALOR	33
2.3.7 PADRONIZAÇÃO	38
2.3.8 5S	38
2.3.9 KAIZEN	41
2.3.10 PDCA	43
3. METODOLOGIA DE PESQUISA	45
3.1 MATERIAIS E MÉTODOS	45
3.2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	48
3.4 ANÁLISE VISUAL	52
3.5 ENTREVISTAS INFORMAIS	52
3.6 ESTUDO DOS TEMPOS	53
3.7 OBSERVAÇÕES INSTANTÂNEAS	53
3.8 CRONOMETRAGENS	53
3.9 ANÁLISE DA DIVERSIDADE NO PROCESSO	54
3.10 ANÁLISE DAS IMPLANTAÇÕES	54
3.11 MAPEAMENTO DA DIVERSIDADE	54
3.11.1 Versões	55
3.11.2 Modelo T33	56
3.11.3 Modelo T32	58

3.11.4 Modelo T30/T31	60
3.11.6 Modelo A8	64
3.11.7 Modelo T10/T11	66
3.12 DIAGNÓSTICO	67
3.12.1 Versões	67
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
4.1 FATORES RELEVANTES PARA REDUÇÃO DA DIVERSIDADE	69
4.2 DIVERSIDADE DE VERSÕES	70
5. CONCLUSÕES	79
5.1 ESTUDO FUTURO	80
REFERÊNCIAS	81

1. INTRODUÇÃO

As empresas, na sua generalidade, estão sujeitas atualmente a grandes desafios que passam, objetivamente, por uma adaptação ao chamado “Mundo Global”. São obrigadas a evoluir enfrentando os novos mercados de países emergentes que conseguem produtos idênticos a preços baixos em virtude, fundamentalmente, da falta de respeito pelos direitos humanos, designadamente a inexistência de leis reguladoras do trabalho. Perante esse desafio, crescer de forma sustentada apostando na qualidade, dos produtos e dos serviços, e é a resposta que se impõe sob risco de falência. Atualmente, compreender e corresponder às necessidades dos clientes, objetivando o seu desenvolvimento e crescimento, torna o mercado mais acirrado e aumenta a competitividade entre as empresas. Para tal, é necessário conseguir dar respostas rápidas aos seus pedidos, às suas exigências e de acordo com as suas necessidades.

A filosofia *Lean* assume-se como uma revolução que tem o potencial de melhorar, efetivamente, a capacidade produtiva de qualquer empresa. Esse conceito nasceu do resultado de uma aprendizagem prática e dinâmica dos processos produtivos originários dos setores têxteis e automobilísticos que surgiu cimentado na ambição e nas contingências do mercado japonês.

Lean Manufacturing contribui com um conjunto de medidas e ferramentas adaptadas como resposta à enorme crise vivida nos últimos anos e a necessidade das empresas de todo e qualquer ramo de especificação se tornar competitiva ao mercado. Os conceitos inerentes à filosofia regem-se, basicamente, pela eliminação dos desperdícios existentes tendo como consequência direta o aumento da produtividade e da eficiência nas linhas produtivas. Na Figura 1, pode-se ver uma definição clara dos conceitos e aplicação do *Lean Manufacturing*, também conhecido como a casa da qualidade.

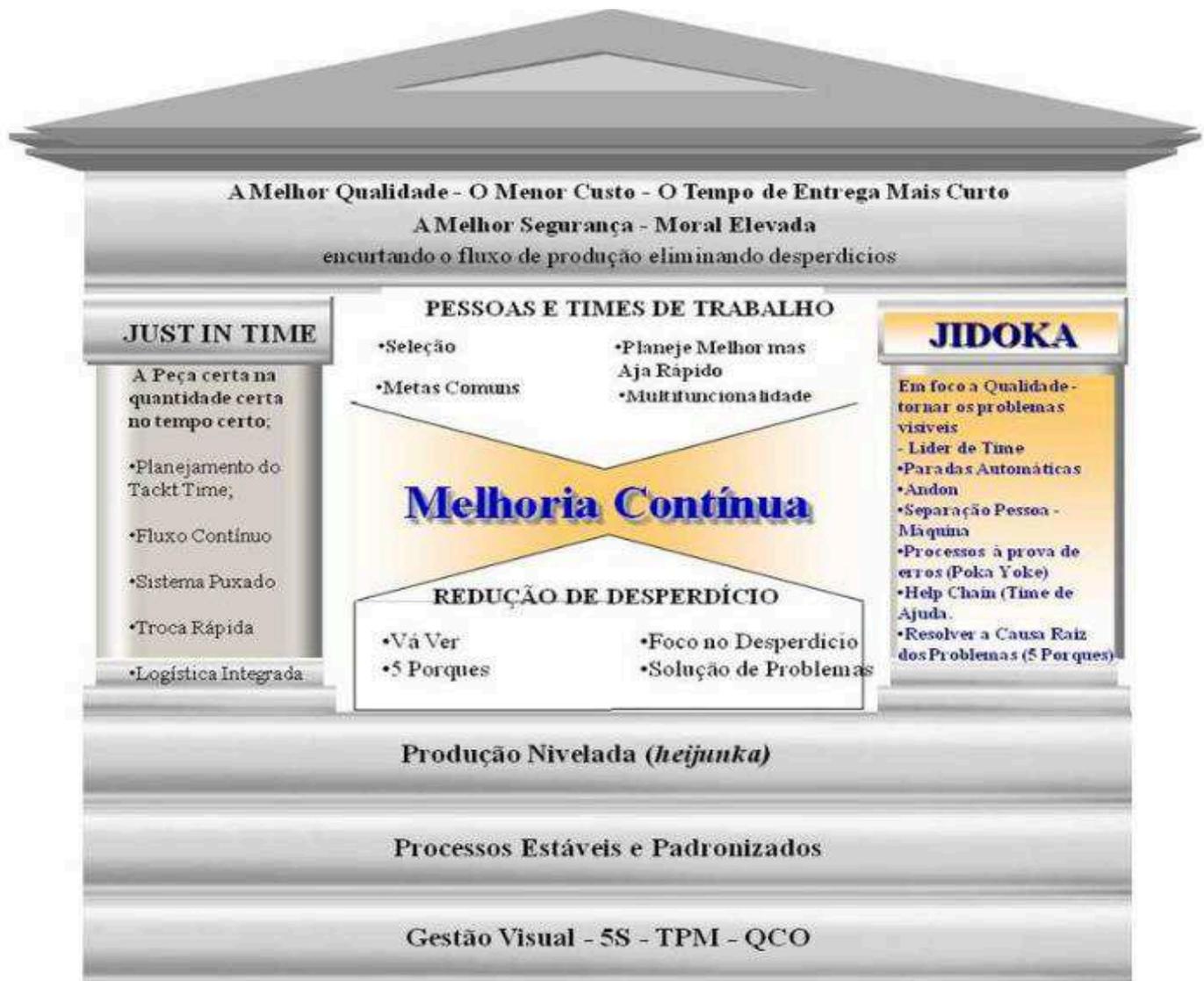


Figura 1 – A casa da qualidade

Fonte: http://1.bp.blogspot.com/_JHsGyROhv9E/TJYwFjCGmjl/AAAAAAAAAFQ/pvMs6JsGahw/s1600/FIG+0.jpg

Para a sua implementação, o principal ponto da filosofia *Lean Manufacturing* principia na necessidade de compreender perfeitamente como efetivamente opera todo o processo produtivo atualmente, pois só assim conseguirá buscar perspectivas hipotéticas de melhorias. De seguida, constatar o que de fato os clientes consideram como agregar valor ao produto, tentando ir ao seu encontro. Por último, não ter medo de melhorar.

A presente dissertação tem como função apresentar, a partir dos métodos transmitidos pela filosofia *Lean Manufacturing*, o estado atual do funcionamento das linhas produtivas da empresa PSA Peugeot Citröen, e identificar os problemas devido à complexidade produtiva com a grande diversidade existente, apresentando

soluções aos mesmos, estimando o seu impacto. Assim, esta dissertação propõe uma melhoria para a empresa, contribuindo com novos conceitos que permitem uma nova e diferente abordagem produtiva utilizando como expoente máximo a eliminação dos desperdícios e a melhoria contínua.

É neste sentido, que surgem as metodologias *Lean*, como ferramentas na detecção e eliminação de desperdícios. O estudo do mapeamento de diversidades de versões produzidas serve como principais fontes de informação relativamente ao estado atual da empresa, o mapeamento de fluxo de valor e os métodos dos tempos como ilustração simplificada, permitindo compreender e identificar os desperdícios existentes. Como metodologias para eliminá-los, surge a filosofia dos 5S que visa a organização geral das linhas produtivas, dos postos de trabalho e da própria empresa. O método Kaizen tem o intuito de gerar ideias e aplicações de melhorias, reduzir a complexidade produtiva e, por fim, o método Kanban, como o principal indicador da revolução do pensamento produtivo, contribuindo para a fluência das linhas produtivas em um misto de equilíbrio e de eficácia produtiva.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral desta dissertação é realizar um levantamento do impacto da diversidade na área industrial e seus desperdícios no padrão do conceito dos três MU (*MUDA*, *MURI*, *MURA*), revisando a filosofia do *Lean Manufacturing* e apresentar um estudo de redução da diversidade, utilizando as técnicas do *lean manufacturing*, para reduzir os desperdícios e dar uma eficiência maior a linha de produção, aumentando a competitividade da empresa no mercado automobilístico.

1.1.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

São objetivos específicos desta dissertação:

- Levantar os dados da empresa, em um período anterior à implantação do *Lean Manufacturing*;

- Otimizar a linha de produção, reduzindo os seus desperdícios;
- Recolher os dados coletados e comparar com os posteriores aos da aplicação do *Lean Manufacturing*;
- Padronizar a quantidade máxima e mínima de versões de modelos a serem produzidos;
- Aumentar a capacidade produtiva, priorizando os produtos de maior saída no mercado consumista.

1.2 JUSTIFICATIVA

Atualmente, as empresas para sobreviverem e se manterem competitivas, precisam de um sistema robusto e efetivo. Diante disso, escolheu-se o *Lean Manufacturing*, sistema cujo foco é a absoluta eliminação ou redução do desperdício, como tema a ser desenvolvido nesta dissertação. Esse sistema envolve mudanças nas práticas de gestão de qualidade e de gestão de operações utilizadas para melhorar e gerenciar os processos produtivos.

Além disso, foi possível a aplicação desse sistema na prática a partir da situação em que vivia a empresa na época em que foi realizado o estudo de caso.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação é composta de cinco capítulos que tratam dos aspectos conceituais e empíricos abordados para a construção desta dissertação.

No capítulo 1, apresenta-se o contexto da pesquisa com a introdução ao estudo, os objetivos geral e específicos, a justificativa para a existência desta pesquisa e sua estrutura. Este capítulo compreende toda a estruturação da dissertação e a parte introdutória para esclarecimentos sobre o tema escolhido.

No capítulo 2 é abordada a fundamentação teórica, levando em consideração as literaturas já existentes sobre *Lean Manufacturing* e suas ferramentas de aplicação, além dos conceitos de desperdícios e sua classificação, o que constituem a base para as conceituações do estudo de caso realizado.

O capítulo 3 compreende uma breve apresentação da empresa e o contexto do impacto da diversidade no processo produtivo.

No capítulo 4, apresenta-se a análise dos resultados do estudo de caso considerando todo o impacto gerado pela grande quantidade de diversidade no processo produtivo.

No capítulo 5, apresentam-se a conclusão e considerações finais, fazendo uma reflexão final sobre as contribuições desta dissertação, além de sugerir trabalhos futuros sobre o assunto pesquisado que podem ser baseados nesta dissertação de mestrado.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 HISTÓRICO DO LEAN

A revolução industrial, iniciada no século XVIII em Inglaterra, trouxe grandes mudanças à humanidade. Até então vivia-se na época da manufatura onde pequenas “oficinas” forneciam para um curto leque de clientes. O início da alteração desta forma de produção deu-se com a introdução dos motores a vapor de James Watt. Realidades até então desconhecidas foram, pela primeira vez, enfrentadas como, por exemplo, a colocação de máquinas no lugar de trabalhadores, que trouxe como consequência uma grande quantidade de mão de obra a baixo custo bem como uma disponibilidade geral para trabalhar não havendo, todavia, empresas empregadoras. A revolução industrial tornou-se global em meados do século XIX. As empresas com fraca capacidade produtiva tentavam, em vão, dar resposta à crescente procura dos diversos produtos. Foi nesta fase da história da humanidade que apareceu Henry Ford, fundador da Ford Motor Company no início do século XX.

Ford estabeleceu um novo sistema produtivo denominado por “Produção em Massa” onde desenvolveu a primeira linha de produção, corria o ano de 1915, que rapidamente se expandiu para a indústria em geral e ainda hoje é utilizado (BHAGWAT, 2005).

Por volta de 1940 e com a chegada da Segunda Guerra Mundial, muitas das grandes empresas focaram-se na produção de materiais militares em detrimento de qualquer outro tipo de produto. Nos anos pós guerra, com parte das indústrias destruídas e outras configuradas para a obtenção de materiais militares, houve um aumento de geral da procura de produtos pela necessidade de reconstruir e modernizar aquilo que foi destruído. No entanto, com pouca capacidade de resposta, as empresas viram-se obrigadas a melhorar a sua eficiência. Para aquelas que tinham implementado o sistema de Produção em Massa, só conseguiram melhorias através do aumento do tamanho dos lotes esquecendo a variedade de produtos e os efeitos negativos dos longos inventários existentes nas linhas produtivas (RIEZEBOS, 2009). Surgiu então a necessidade de arranjar uma alternativa ao modelo produtivo de Henry Ford, com o intuito de obter um sistema mais eficiente

sem tantos desperdícios e que garantisse a possibilidade de trabalhar com produtos variados.

O nascimento do Toyota Production System (TPS) baseou-se no desejo de produzir num fluxo contínuo que não dependesse de longos ciclos produtivos, nem de elevados estoques para ser eficiente, precisamente o oposto da Produção em Massa (MELTON, 2005).

As origens do TPS remontam a antes de 1918, quando Sakichi Toyoda criou a sua empresa de tecelagem com teares automáticos, baseados no conceito *Jidoka*, de sua autoria, que consistia na deteção automática de erros, parando de forma imediata, prevenindo a produção de produtos defeituosos. Em 1929, vendeu a sua patente do negócio para dar a possibilidade ao seu filho, Kiichiro Toyoda, de se iniciar na indústria automóvel. Este decidiu alterar o nome da empresa para Toyota Motors Company. Produziram o seu primeiro carro no ano de 1935, mas rapidamente se suspendeu a produção devido ao aparecimento da Segunda Guerra Mundial.

Em 1950, Kiichiro Toyoda renunciou devido a problemas administrativos, e delegou a empresa ao seu primo, Eiji Toyoda, não sem antes ser enviado aos Estados Unidos da América com o intuito de aprender sistema produtivo americano. Rapidamente se apercebeu que no Japão não conseguiria implementar o sistema da “Produção em Massa” por ser um mercado mais pequeno e com menos potencial.

Iniciou, nesta nova moldura económica, e através da fábrica Toyota Motors Company aquele que viria a ser posteriormente chamado como Toyota Production System, tendo como principal impulsionador Taiichi Ohno, engenheiro mecânico, que vinha de uma experiência profissional nada tendo a ver com o sector automóvel. Ohno acreditava que a sua visão sem pré-concepções seria uma mais-valia para a implementação de um novo sistema produtivo. Usufruiu do conceito de *Jidoka*, estudado e aprendido nos teares de Sakichi Toyoda, e do conceito JIT (*Just-in-time*) de Kichiiri Toyoda, que defendia a peça certa, no momento exato, na quantidade necessária. Complementou estes conceitos com novas metodologias criando assim a estrutura do TPS (HOLWEG, 2006).

Ohno rapidamente se apercebeu que a flexibilidade de uma linha de produção é uma característica capital no desenvolvimento de uma empresa. Com este objetivo, teve que modificar vários procedimentos, como por exemplo, relativos às

mudanças de ferramentas com o intuito de diversificar os produtos produzidos e diminuir os tempos em que há quebras de produção, com a tornando viável trabalhar em pequenos lotes e de acordo com a vontade do cliente. Shigeo Shingo foi contratado em 1955 para desenvolver especificamente a problemática da mudança de ferramenta de forma a alargar a variedade dos produtos produzidos sem causar transtornos à linha de produção, adaptando-se à limitação da Produção em Massa (STRATEGOS, 2001). Outros métodos foram surgindo ao longo do tempo com o intuito de flexibilizar a linha de produção da Toyota, no entanto, mais do que tudo, foi a grande capacidade dinâmica de aprendizagem de Taiichi Ohno o centro do sucesso do TPS (HOLWEG, 2006). Por volta do ano de 1950, a produção total anual da indústria automóvel japonesa era equivalente a menos de três dias de produção da fábrica da Ford situada na América do Norte (HOLWEG, 2006). No entanto, e muito devido à Segunda Guerra Mundial, o mundo começou a mudar e Henry Ford recusou-se a modificar o sistema que o tinha levado ao sucesso (STRATEGOS, 2001).

Segundo Taiichi Ohno, só em 1973, com a instalação da grave crise petrolífera, é que algumas das atenções se viraram para o TPS, porque se constatou que conseguiu recuperar da crise em tempo *record* crescendo categoricamente no caminho da recuperação econômica. De fato, o primeiro artigo científico escrito sobre o TPS, data de 1977, assinado por Sugimori (HOLWEG, 2006).

Nesta fase de franca ascensão da Toyota, muitas empresas ocidentais visitaram o Japão com o intuito de perceber o seu sistema produtivo. No entanto, muitas delas não aderiram as novas aplicações, pois só aplicavam parte dos conceitos que não eram suficientes para atingir as melhorias pretendidas (STRATEGOS, 2001).

O conceito da filosofia *Lean* foi pela primeira vez descrita em 1990, quando Womack, Jones e Roos (2004) publicaram o livro *The Machine That Changed The World* que, descrevendo os conceitos e métodos de trabalho aplicados pelo TPS, fundamentaram este novo sistema produtivo (SHAH, 2007). Segundo Strategos (2001), este livro conta uma história simples da evolução da indústria automobilística, combinando o mercado Japonês, Europeu e Americano onde as únicas palavras novas que inventaram foram *Lean Manufacturing*.

2.2 LEAN MANUFACTURING

O TPS, considerado como o sistema basilar da produção *Lean*, apresenta como principal característica a flexibilidade das linhas produtivas, tendo por base a aplicação de pequenos lotes de produtos controlados por métodos que auxiliam a troca de ferramenta e a comunicação eficaz para responder às constantes variações dos mercados atuais (CAKMAKCI, 2008). Ohno acrescentou-lhe ainda o conceito *Kaizen*, que remete para uma procura de melhoria contínua, contribuindo para a superação diária dos operadores nos postos de trabalho e, conseqüentemente, para a melhoria de toda a linha produtiva.

De um modo mais prático, o sistema de produção *Lean* nasceu na recusa de aceitar desperdícios, mais conhecido como o conceito 3 MUs (*MUDA*, *MURI*, *MURA*, em japonês), como pode ser visto na Figura 2.

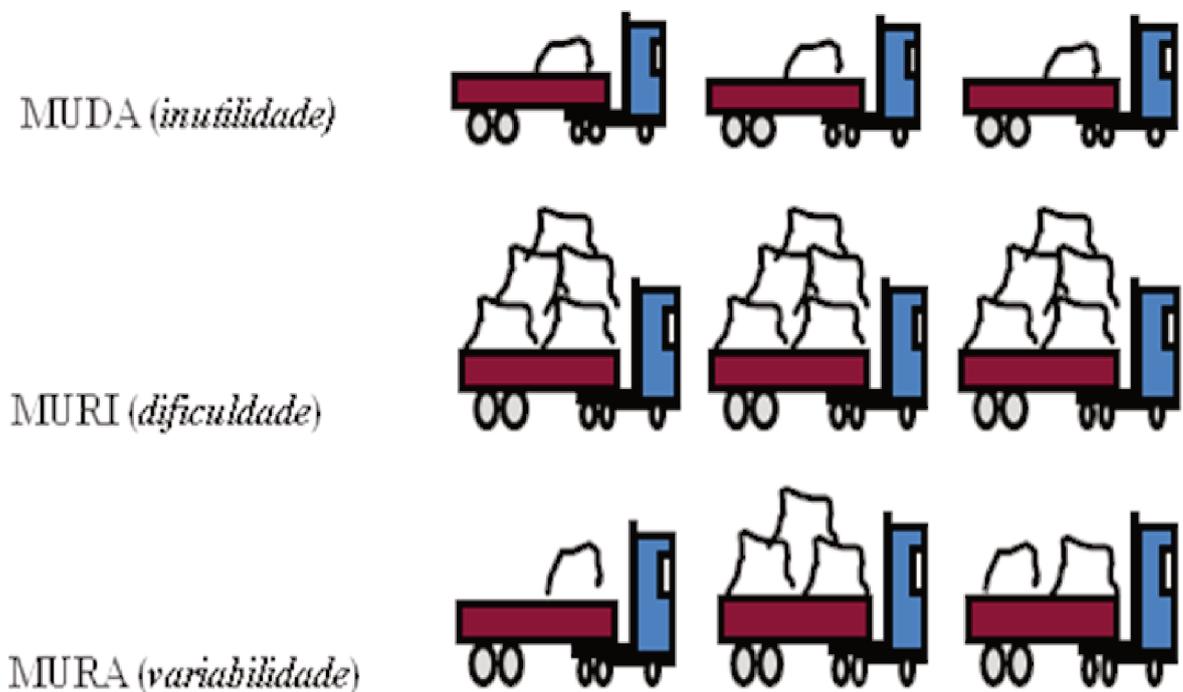


Figura 2: Conceito dos 3 Mus (*MUDA*, *MURI*, *MURA*)

Fonte: POOL, 2010.

Ohno, em 1988, definiu desperdício como qualquer atividade que consome recursos, adicionando custos e que não gera qualquer valor ao produto desejado pelo cliente. Identificou sete tipos de desperdícios que devem ser eliminados designando-os por:

1. Superprodução – Produzir mais, e antes do necessário, gera um excesso de produtos aumentando o inventário. Desse modo, a filosofia Enxuta sugere que se produza somente o que é necessário no momento e, para isso, que se reduzam os tempos de setup, que se sincronize a produção com a demanda, que se compacte o layout da fábrica, e assim por diante.

2. Esperas – Sempre que os operadores ou máquinas estão à espera de algo que viabilize a produção. Algumas ferramentas são utilizadas para eliminar a perda por espera, como, por exemplo, a Troca Rápida de Ferramentas e a técnica *Kanban* para a sincronização da produção. Além disso, a versatilidade dos funcionários também contribui para a minimização deste tipo de perda.

3. Transporte – Movimentos desnecessários de material. Encaradas como desperdícios de tempo e recursos, as atividades de transporte e movimentação devem ser eliminadas ou reduzidas ao máximo, através da elaboração de um arranjo físico adequado, que minimize as distâncias a serem percorridas. Além disso, custos de transporte podem ser reduzidos se o material for entregue no local de uso.

4. Retrabalho – Operações extras de reprocessamento devido a defeitos, excesso de produção ou excesso de inventário. Gerando uma necessidade de alocar recursos não previstos para solucionar o problema.

5. Inventário – Todo o material produzido, matéria-prima e estoques existentes no meio da linha produtiva que não foi pedido pelo cliente. Pode ser considerado como um recurso financeiro “aprisionado” no sistema produtivo. Significam desperdícios de investimento e espaço.

6. Movimento – Movimentos desnecessários por parte dos operadores, por vezes devido ao layout das próprias empresas, defeitos, retrabalhos, superprodução ou excesso de inventários. Esta perda acontece pela diferença entre trabalho e movimento. Relacionam-se aos movimentos desnecessários realizados pelos operadores na execução de uma operação. Por exemplo, é a ação de quem realiza algum tipo de seleção ou procura peças sobre a bancada de trabalho ou qualquer movimento de um membro de time ou máquina o qual não adiciona valor.

7. Defeitos – Produtos finais que não são as especificações dos clientes; Falhas operacionais devido a problemas de concepção produto ou processo não adequado.

Pode ser visto também na Figura 3 de forma mais clara.

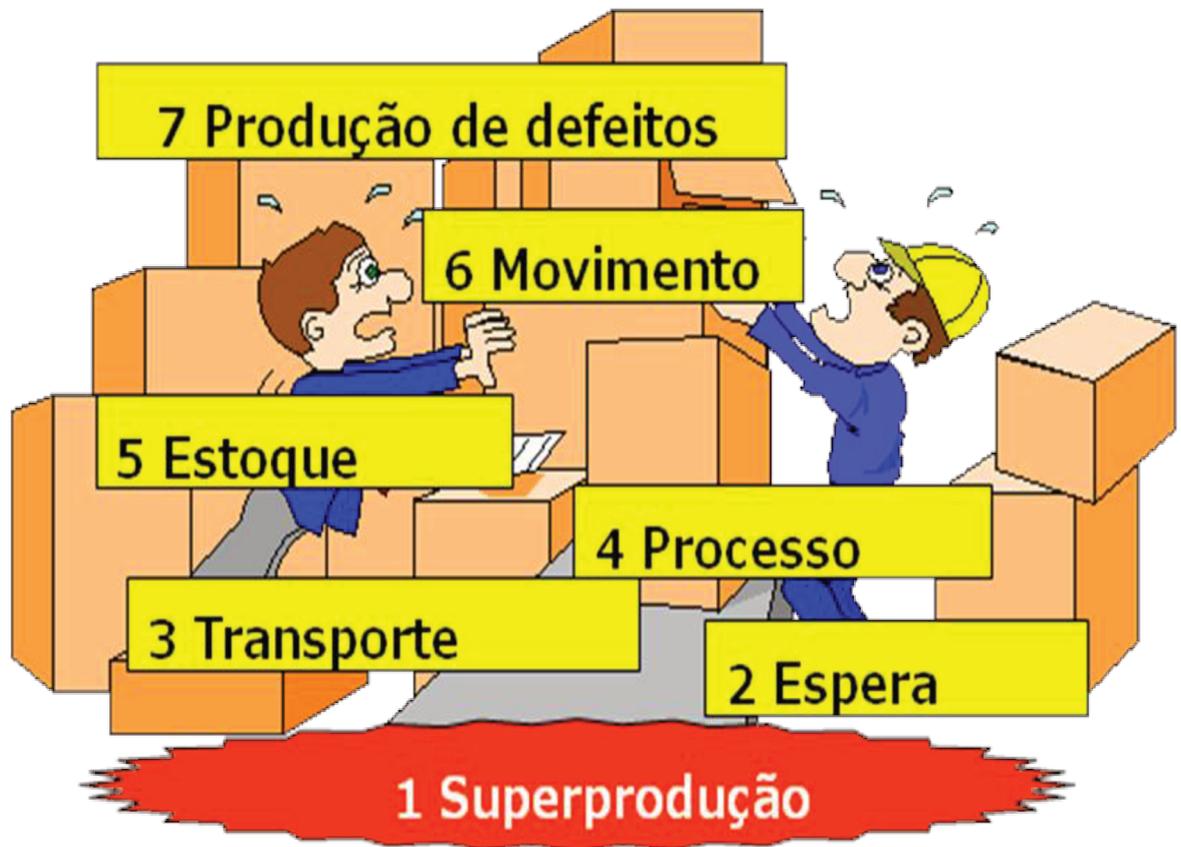


Figura 3: As sete perdas

Fonte: Apostila de melhoria de posto na PSA Peugeot Citroën, 2005.

A implementação do sistema produtivo *Lean* contribui para um forte acréscimo da eficiência de uma fábrica, apresentando uma elevada capacidade produtiva e velocidade de resposta às encomendas, com uma grande flexibilidade permitindo abranger uma vasta gama de produtos com um estoque mínimo existente, sem defeitos e com excelente qualidade (ARBÓS, 2008). Todavia, e apesar das inúmeras vantagens quanto à implementação do sistema *Lean*, existem alguns fatores contrários à sua aplicação, onde a “resistência à mudança” impera. Empresas habituadas a trabalhar de acordo com outros sistemas, preconcebidas há

imensos anos e sem conseguir abordar novas ideologias ficam presas aos velhos hábitos sem coragem para a inovação.

É sempre possível demonstrar que as forças que apoiam a filosofia *Lean Manufacturing* são sempre muito maiores que a que lhe resistem (MELTON, 2005).

Na Figura 4 são apresentadas as forças favoráveis e desfavoráveis a implementação, contudo é fácil visualizar que as forças que apoiam a filosofia *Lean manufacturing* sempre são muito superiores as forças de oposição (MELTON 2005).

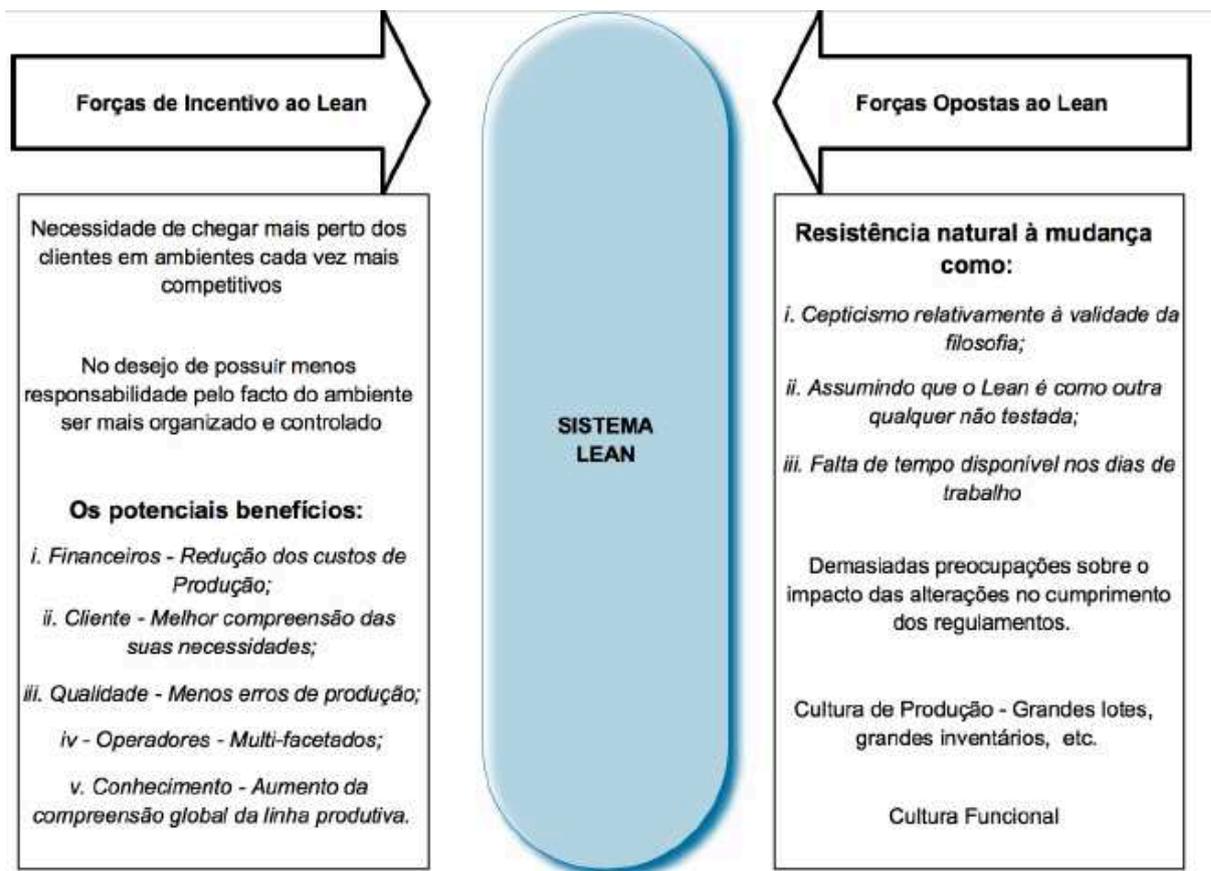


Figura 4: Forças a favor e contra a implementação da filosofia *Lean*

Fonte: Adaptado Melton, pág. 664, 2005.

Em suma, *Lean Manufacturing* pode ser entendido como “produção magra” porque usa “menos de tudo” comparativamente ao sistema de Produção em Massa. Metade do esforço humano, metade do espaço na fábrica, metade do investimento em ferramentas e metade do tempo. Também necessita de menos produtos em estoque resultando em menos defeitos na linha produtiva produzindo mais e melhor (WOMACK, 2011).

Desde 1990, com a publicação do livro *The Machine That Changed the World* que muitas empresas tentaram implementar as práticas da produção *Lean*, mas muitas não sabiam como, pois o livro não abordava conceitos de implementação. Por este motivo, em 1996, Womack e Jones publicaram o livro *Lean Thinking – Banish Waste and Create Wealth in your Corporation (2004)*. Este livro surge como guia informativo para a criação de uma empresa *Lean* (HICKS, 2007). Estes conceitos tornaram-se fundamentais e revolucionaram uma nova era:

1. Especificar valor;
2. Definir a cadeia de valor no processo;
3. Criar fluidez na linha produtiva;
4. Produção “puxada” pelas necessidades dos clientes;
5. Busca pela perfeição.

Na filosofia *Lean*, o valor é sempre definido pelo cliente final, identificando que características o cliente está disposto a pagar, de forma a considerar o investimento no produto como uma mais valia para si. Seguidamente, define-se a cadeia de valor, que representa todos os processos e atividades que contribuem para a produção de um produto, desde a chegada da matéria-prima até à sua entrega ao cliente, com o intuito de identificar os desperdícios criando um fluxo entre setores que acrescentam valor. Este fluxo caracteriza-se pela passagem do material de um setor para outro sem que exista tempo de espera entre ambos, ou seja, o setor a diante deve ser encarado como cliente do setor antecedente aumentando, conseqüentemente, a responsabilidade de cada operador exigindo que cumpra as obrigações para ele definidas em cada setor. O fato de permitir que o cliente puxe o produto contribui para a redução de estoque contribuindo para um ambiente mais leve na própria linha produtiva. A busca pela perfeição remete para um dos conceitos principais da filosofia *Lean*, designado por *Kaizen*, que fomenta a melhoria contínua buscando a redução ou eliminação dos desperdícios, confiando um espírito de insatisfação nos operadores com o intuito de estimulá-los nesta procura (LIAN, 2002).

Relativamente às operações efetuadas, é importante salientar que, ao abrigo da filosofia *Lean*, só existem dois tipos, as que acrescentam valor e as que não

acrescentam valor ao produto. Dentro destas últimas, existem as “Necessárias” e as “Não Necessárias”, sendo que as últimas se devem anular imediatamente contribuindo para um aumento do tempo de valor acrescentado, não produzindo nada que não seja pedido pelo cliente, evitando estoques e o caos nas linhas produtivas (LEITE, 2008).

A aplicação *Lean* deve ser compreendida e implementada na sua totalidade e não só em casos isolados, sob o risco de não conseguir obter as melhorias pretendidas (STRATEGOS, 2001).

2.3 FERRAMENTAS E METODOLOGIAS DO *LEAN MANUFACTURING*

O *Lean Manufacturing*, a partir de uma perspectiva mais prática, consiste numa implementação de um conjunto de técnicas e ferramentas que visam a redução de desperdícios ao longo da linha produtiva. Neste estudo foram aplicadas algumas dessas ferramentas e técnicas, como por exemplo, o Estudo dos Métodos e dos Tempos, SMED, 5S, *Kanban*, Mapeamento de Fluxo de Valor, *Poka-Yoke* e *Kaizen*.

2.3.1 ESTUDO DOS MÉTODOS E DOS TEMPOS

O estudo dos métodos e dos tempos desempenha um papel fundamental na análise crítica dos processos constituintes da linha de produção bem como dos procedimentos dos operadores, tornando-se essencial ao equilíbrio da mesma.

É uma ferramenta capital para a compreensão operativa das linhas de produção de cada empresa, contribuindo com uma análise qualitativa e quantitativa das mesmas.

O estudo dos métodos é constituído por duas técnicas:

- Análise visual – Contribui para o conhecimento geral da realidade da linha produtiva;

- Entrevistas informais – Facultam pormenores importantes para a compreensão do modo de funcionamento de cada sector.

Ambas cooperam para uma apreciação qualitativa da realidade da empresa. Relativamente ao estudo dos tempos, podem ser calculados através de três princípios:

- Estimativas;
- Histórico de Tempos;
- Medições de tempo *in situ*.

Para as medições de tempo *in situ*, existem duas técnicas principais:

- Observações instantâneas – Consistem na separação dos diferentes estados da máquina ou do operador, efetuando-se determinadas contabilizações durante intervalos de tempo específicos;
- Cronometragens – Medição contínua do tempo de determinada operação.

Essas duas técnicas contribuem para quantificar os tempos de produção de cada setor e/ou de cada operador, informando sobre o estado produtivo atual.

2.3.2 BALANCEAMENTO DE LINHA

A importância da produtividade e balanceamento da linha de produção de qualquer linha de produção é tão grande, pois com este conceito pode-se reduzir drasticamente os desperdícios, gargalos de produção e aumentar a produtividade. Muitas vezes a linha de produção pode estar com o tempo de montagem muito longo, devido às células de montagem não conseguirem efetuar as montagens em sincronismo, pois enquanto uma célula não libera o produto anterior a outra fica parada. Para se realizar um bom balanceamento de linha, é fundamental ter a cronometragem dos tempos de montagem de todo o processo e definir um tempo de passagem / montagem padrão. Quando uma célula estiver estourando seu tempo

(chamado de tempo de ciclo) é o momento de realizar as análises para efetuar a melhoria e eliminar o gargalo, com isso o fluxo de montagem faz com que ninguém fique parado, ou muito sobrecarregado. As Figuras 5 e 6 exemplificam bem a situação anterior ao balanceamento e a situação após.

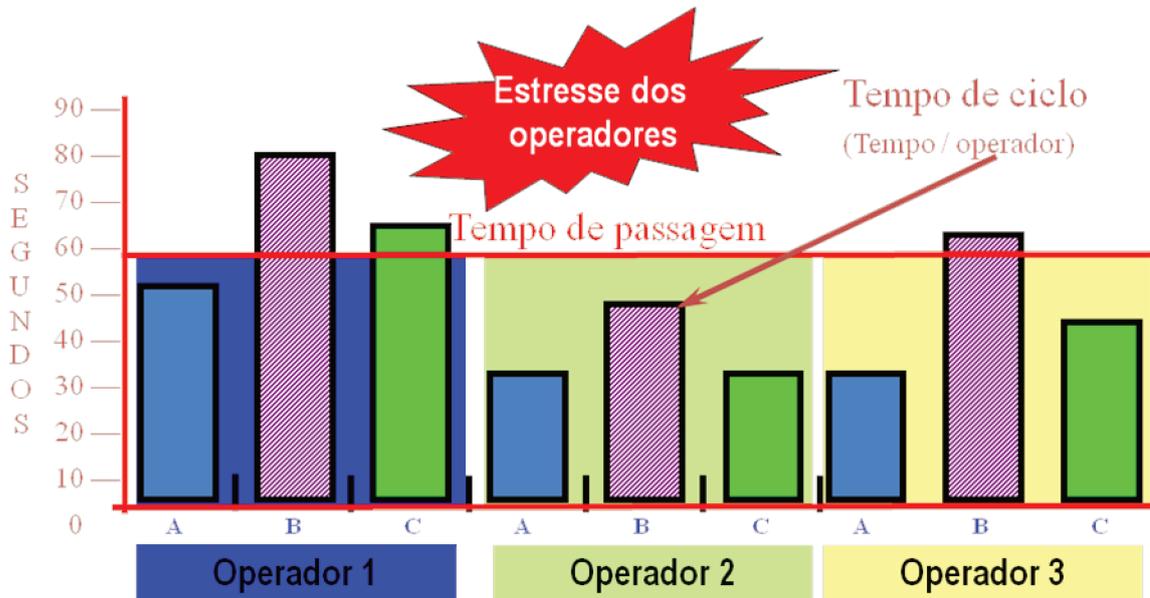


Figura 5: Antes da aplicação do balanceamento

Fonte: Criado pelo autor

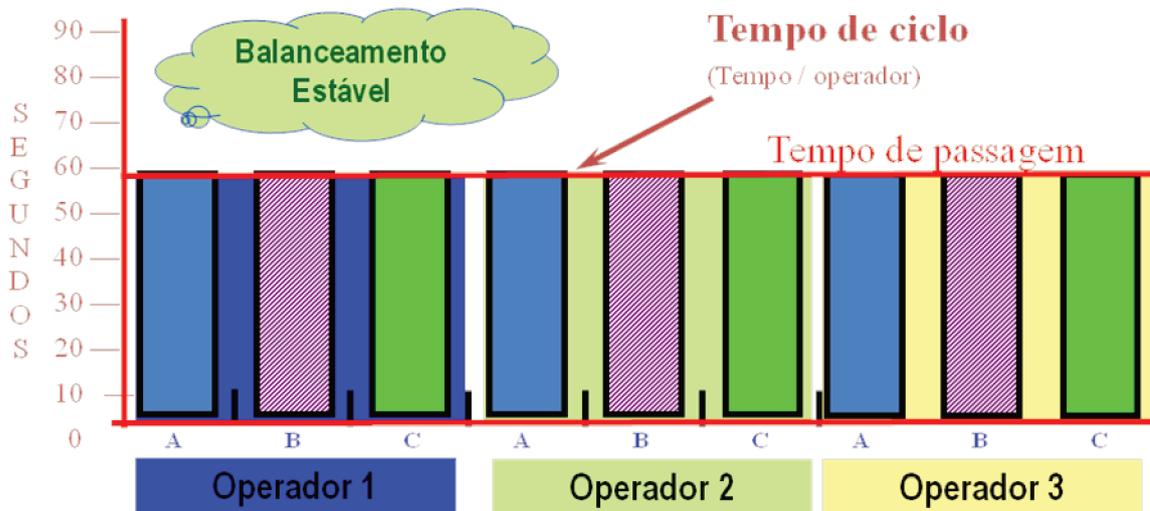


Figura 6: Após realização do balanceamento

Fonte: Criado pelo autor

2.3.3 TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTA

A filosofia *Lean* tem como característica ser flexível, ou seja, produzir uma grande variedade de diferentes produtos. Para se conseguir isto, tem, obrigatoriamente, que trabalhar com pequenos lotes e para isso, foi necessário desenvolver um método que reduzisse o tempo de mudança de ferramenta de forma a tornar esta característica viável.

Em 1985, Shingeo Shingo apresentou a sua metodologia ao mundo, denominando-a de *Single Minute Exchange Of Dies* - SMED. O método SMED representa um conjunto de técnicas que melhoram o processo de mudança de ferramenta permitindo uma redução até 90% do tempo em que a máquina se encontra em não produção, com um investimento moderado.

Shingo assumiu que os fabricantes, para terem sucesso, têm que ter em máxima consideração pelos pedidos dos clientes. Considerou que possuir um leque alargado de vários produtos, de qualidade elevada, onde a sua entrega fosse eficaz e a um preço justo, seriam consideradas como mais-valias pelos clientes. Partindo desse pressuposto, concluiu que a flexibilidade era o futuro, e para possuir essa capacidade era obrigatório trabalhar com tempos de mudança de ferramenta o mais curto possível de forma a reduzir os tempos não produtivos e reduzir também o tamanho dos lotes dos produtos aumentando, conseqüentemente, a variedade da oferta (CAKMAKCI, 2008).

Este processo tem como base a preparação atempada da mudança de ferramenta, fazendo com que a máquina pare a sua produção o mínimo tempo possível, aumentando, conseqüentemente, do tempo produtivo da mesma. É de capital importância eliminar todas as atividades desnecessárias contribuindo para a melhoria geral das linhas produtivas.

Para a sua aplicação, Shingo dividiu as operações que compõem a troca de ferramenta em duas partes:

- Operações Internas - São aquelas que implicam a paragem da máquina, implicando uma quebra de produção;

- Operações Externas - São as que podem ser efetuadas com a máquina em produção.

A aplicação do método a um caso prático consiste no segmento de três fases operacionais:

- Fase 1 – Separar as operações internas das externas – Este passo tem como objetivo, reduzir o tempo de mudança de ferramenta entre 30 a 40%;
- Fase 2 – Converter as operações internas em externas – Esta fase reduz o tempo total em que a máquina está em não produção. Preparações avançadas das operações contribuem para a melhoria da mudança de ferramenta;
- Fase 3 – Melhoria de todos os aspectos da mudança de ferramenta – Contribui para a redução do tempo total, quer das operações internas quer das operações externas, através de métodos como a paralelização, ferramentas de aperto rápido, entre outros.

A Figura 7 resume a aplicação do método referente aos passos descritos, apresentando as melhorias de tempo obtidas.

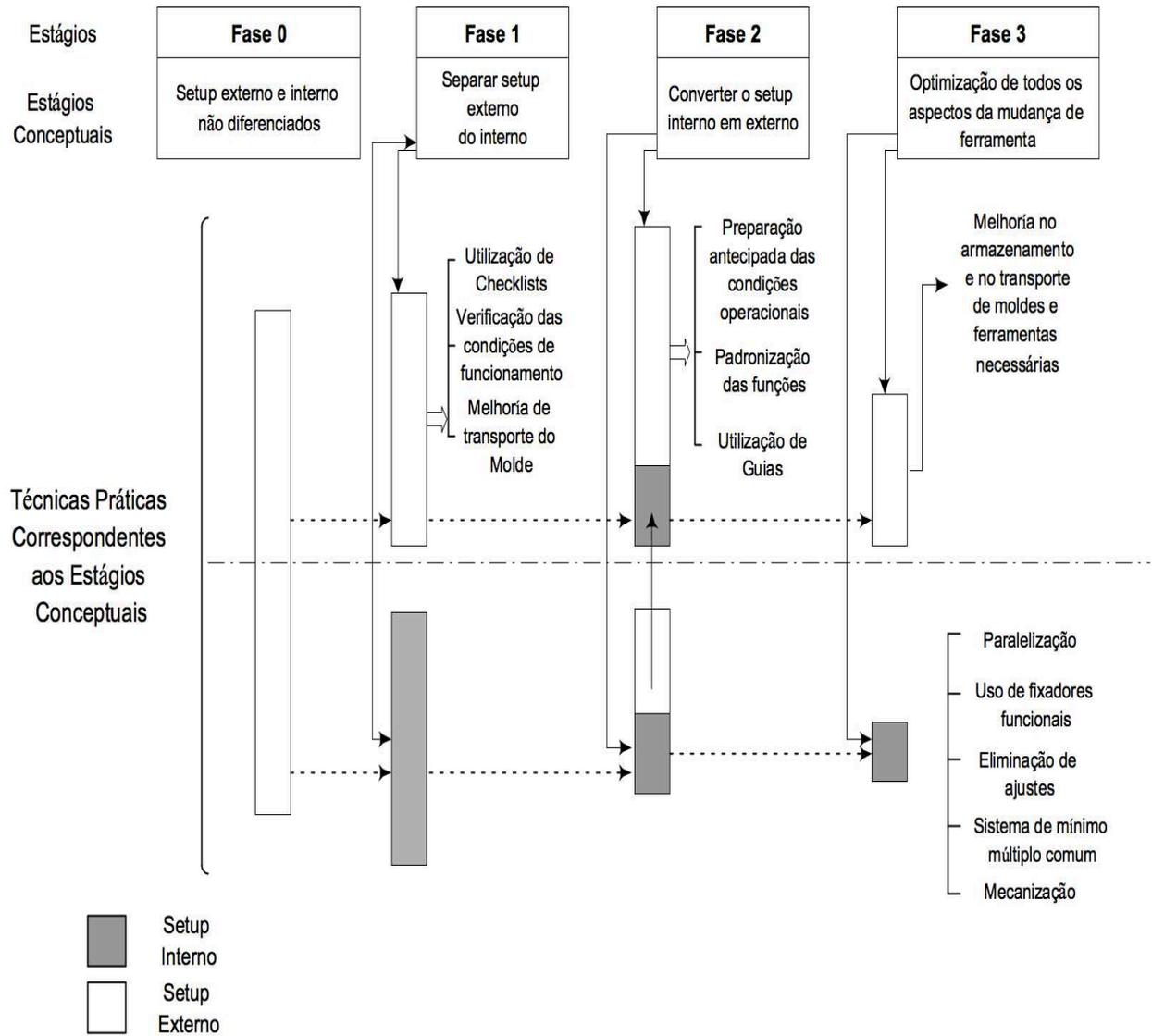


Figura 7 – Ilustração das diferentes fases da aplicação do método SMED

Fonte: ADAPTADO CAKMAKCI (2008).

2.3.4 KANBAN

Kanban é uma técnica criada pelo TPS com o objetivo de controlar os níveis de estoques, a produção e o fornecimento de componentes cooperando com o conceito JIT (LAGE, 2010).

A palavra japonesa *Kanban* significa “Cartão” ou “Etiqueta”. Uma das principais características do sistema *Kanban* é contribuir para o conceito que permite o cliente puxar o produto que deseja. Esta técnica permite a produção de uma nova peça num determinado posto de trabalho somente quando este receber um sinal do setor a diante informando-o que necessita de ser fornecido de forma a não quebrar a sua produção. Usado de forma cuidada, *Kanban* impede o desenvolvimento de elevados estoques, pois os materiais só darão entrada na linha produtiva após ser libertado o sinal que o solicite, mantendo assim o equilíbrio na relação entre os estoques e os pedidos dos clientes (CHAN, 2001).

Este sinal, que inicia e controla todo o processo produtivo, é transmitido através de um cartão *Kanban* com informação específica sobre esse lote, como por exemplo, o nome do produto, códigos das peças, número do cartão, número do lote, tamanho do lote, data de vencimento, entre outros, permitindo ao operador ter um conhecimento mais sólido sobre o trabalho que deve efetuar. É importante referir que esta técnica institui a relação cliente/fornecedor, mesmo dentro da própria linha produtiva, contribuindo para um acréscimo de responsabilidades dos operadores fomentando o profissionalismo na linha operativa, pois o setor a antecedente é considerado fornecedor e o setor a diante como cliente.

Por vezes, aborda-se esta técnica como um simples sistema de cartões ou etiquetas. Todavia, a sua função e o seu âmbito é muito mais profundo, pois é suposto esta técnica controle todas as atividades operativas das linhas de produção, obrigando à comunicação entre os setores e permitindo a criação de um fluxo ágil e eficaz dos materiais ao longo da linha de produção (LAGE, 2010).

2.3.5 SISTEMA DE PREVENÇÃO DE ERRO

Poka-Yoke é uma palavra do calão japonês que significa “à prova de erros”. Separadamente, *Poka* traduz “erros inadvertidos” e *Yoke* significa “prevenir” ou “evitar”. Abordagens para parar os processos, desenvolvidos por Shingeo Shingo no início dos anos sessenta, traduziram-se numa grande mais-valia por detectar e evitar erros, prevenindo as consequências destes ao longo da linha produtiva. De acordo com Shingo, os defeitos seriam evitáveis se os erros fossem detectados com antecedência. *Poka-Yoke* propõe-se a isso mesmo, utilizando dispositivos automáticos de prevenção de defeitos ou erros, como por exemplo, erros humanos devido a distrações, falhas produtivas devido à falta de conhecimentos do operador para desempenhar determinada tarefa, entre outros.

De acordo com esta ferramenta, os erros ocasionais podem justificar avisos, no entanto, os erros frequentes ou aqueles com grandes consequências negativas devem ser incorporados com este método. O sistema visa o estabelecimento de limites na prática de uma atividade a fim de obrigar à correta execução da operação. Pode ser implementado de várias formas:

- Inspeção à 100%;
- Identificar os defeitos logo que eles surjam;
- Retificar de imediato os defeitos detectados a fim de evitar a sua repetição;
- Projetar mecanismos para evitar a produção de defeitos.

Caso não se detecte o erro e ele aconteça, *Poka-Yoke* interrompe o processo a fim de eliminar de imediato as causas dos defeitos com o intuito de restaurar o processo de produção de forma mais célere e eficaz possível (AL-ARAI DAH, 2010).

2.3.6 MAPEAMENTO DO FLUXO DO VALOR

O mapeamento de fluxo do valor representa o conjunto de todas as operações (quer de valor acrescentado, quer de valor não acrescentado) que são necessárias para trazer o produto, ou lote de produtos, através da linha produtiva, começando na chegada da matéria-prima e acabando no cliente.

O mapeamento de fluxo permite uma análise de forma rápida e eficaz o estado das linhas produtivas, de acordo com a realidade de cada uma, permitindo a detecção de desperdícios e perspectivando assim as melhorias que se poderão implementar no sistema. Retrata não só cada setor produtivo de forma isolada mas também a relação e o fluxo criado entre todos os setores, baseando-se não só no fluxo material mas também nos fluxos de informação decorrentes de cada encomenda, como pode ser visto na Figura 8.

Esta ferramenta pode ser aplicada sucessivamente na busca da perfeição do sistema produtivo, fomentando o conceito *Kaizen*, retratando e atualizando sempre as melhorias que se poderão efetuar. Este mapa facilita a identificação dos vários tipos de desperdícios existentes nesse fluxo, permitindo delinear a estratégia adequada à sua redução ou eliminação.

A simbologia utilizada é normalizada garantindo a homogeneidade dos mapas fornecendo uma linguagem comum para todas as pessoas em toda a organização, uma vez que este é estudado em conjunto, por membros da empresa respeitantes às diferentes hierarquias com o objetivo de identificar problemas e desperdícios existentes definindo estratégias para eliminá-los, contribuindo para o progresso da linha produtiva de forma sustentada (ABDULMALEK, 2007).

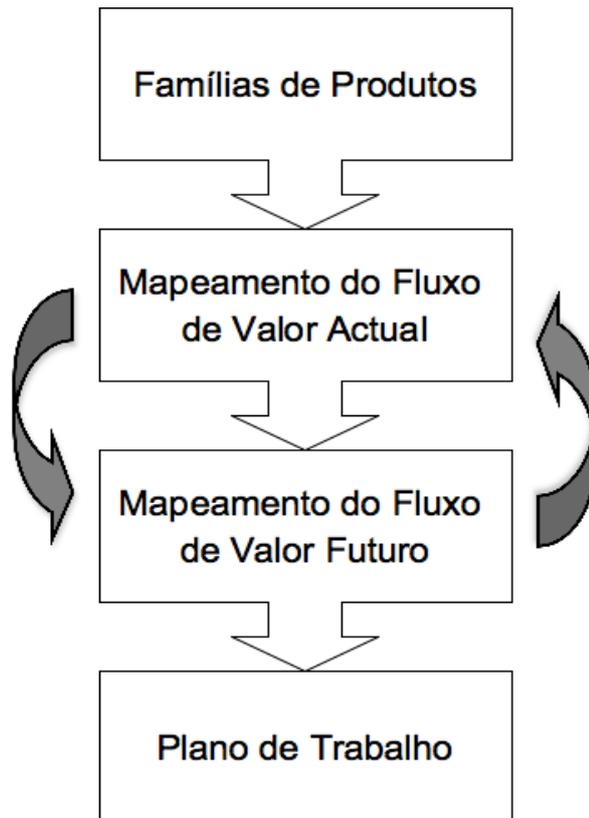


Figura 8 – Aplicação do mapeamento do fluxo de valor

Fonte: VIEIRA (2010).

A aplicação desta ferramenta inicia-se com a especificação do que se pretende mapear, se um produto específico ou uma família de produtos. Após este primeiro passo, desenha-se o mapa do fluxo de valor relativo ao estado atual da linha produtiva usando simbologia técnica que permita transpor para o papel as informações úteis e necessárias. Após a análise e identificação dos desperdícios existentes procede-se ao desenho relativo ao estado futuro desejado, definindo-o como objetivo. O plano de trabalhos define o que se deve efetuar para conseguir a passagem do estado atual para o estado futuro. Pelo conceito de *Kaizen*, este processo deve ser cíclico, com o intuito de estar sempre em melhoria contínua.

Cadeia ou fluxo de valor também é o conjunto de todas as ações específicas necessárias para se levar um produto a passar pelas três tarefas gerenciais críticas de qualquer negócio:

Tarefa de solução de problemas: vai da concepção até o lançamento do produto, passando pelo projeto detalhado e pela engenharia de processo;

Tarefa de gerenciamento da informação: vai do recebimento do pedido até a entrega, seguindo um cronograma detalhado;

Tarefa de transformação física: vai da matéria prima ao produto acabado nas mãos do cliente (WOMACK, 2004).

Identificar e mapear com precisão o fluxo de valor completo do produto é tarefa fundamental para enxergar os desperdícios em cada processo e implementar ações para eliminá-los, criando assim um novo fluxo de valor otimizado (ROTHER,1998).

A Figura 9 mostra os símbolos mais comuns e o seu significado que normalmente se usam para traçar o mapa de fluxo de valor.

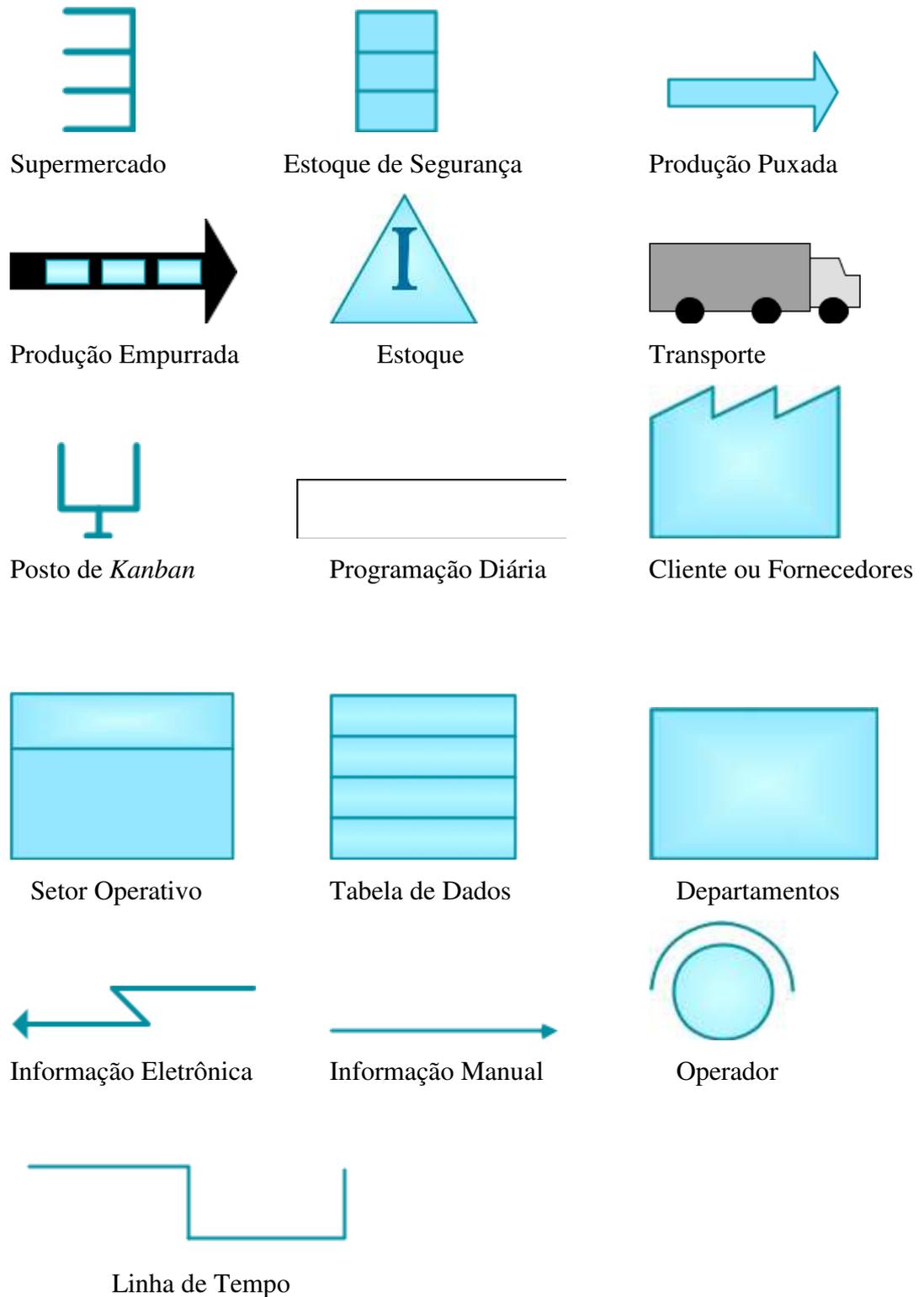


Figura 9 – Simbologia aplicada ao mapeamento de fluxo de valor

Fonte: (ADAPTADO HENRIQUES, 2010).

Em suma, o mapeamento do fluxo de valor deve ser uma prática sistemática nas empresas permitindo o melhoramento do fluxo nas linhas de produção, incitando à prática da melhoria contínua, que se irá refletir na redução de desperdícios e, conseqüentemente, no aumento da qualidade dos produtos (BERTHOLEY, 2009). A Figura 10 exemplifica um mapeamento de fluxo de valor com suas simbologias.

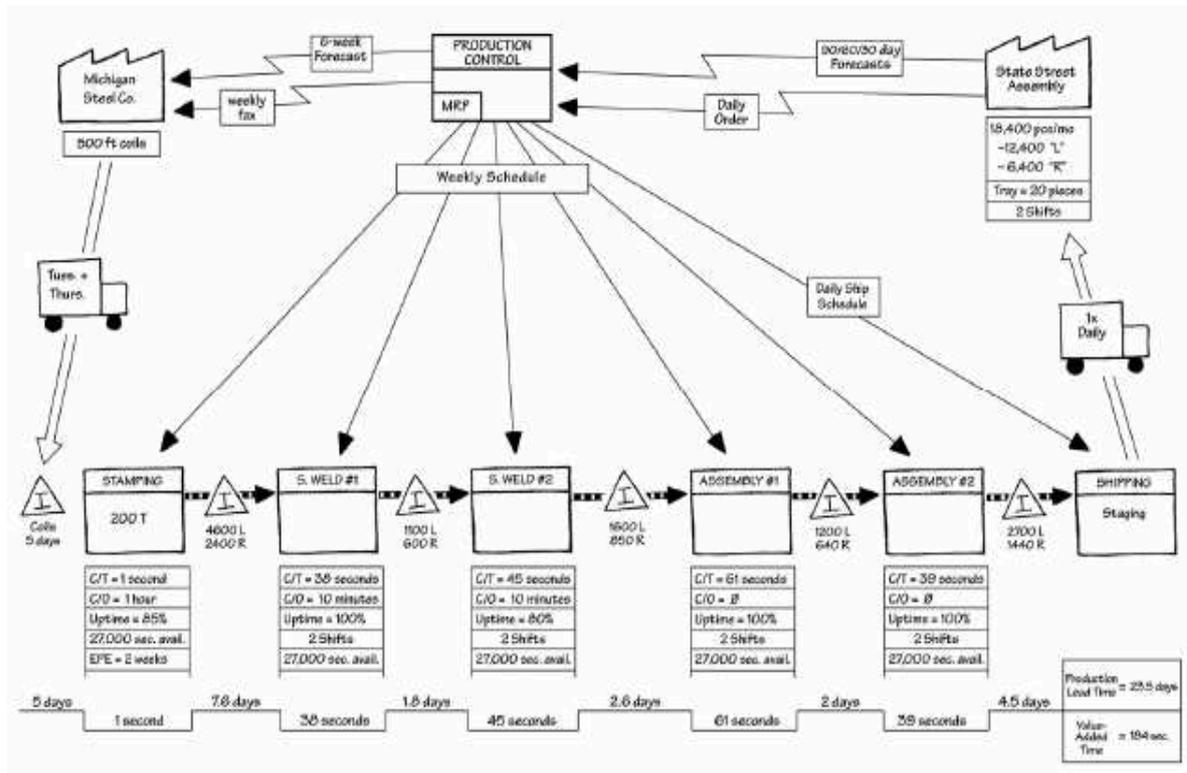


Figura 10: Exemplo de mapeamento de fluxo de valor com suas simbologias.

Fonte: BOCCI (2007)

2.3.7 PADRONIZAÇÃO

A metodologia *Lean Manufacturing* utiliza com frequência as associações com a cultura japonesa como é o caso relatado no blog de engenharia de produção sobre o método *kamishibai* orientado para gestão do chão de fábrica. O termo *kamishibai* significa teatro de papel, ou mais conhecido pelo ocidente como gibi, de origem no século XII, era utilizado para educação das crianças a partir de Figuras desenhadas em papéis coloridos, objetivando o ensinamento de forma simples de alguma história. Segundo Kokudai (2012), padronizar um processo é de fundamental importância para que se possa ter medições sobre a repetição das operações e se possa tirar conclusões sobre o processo com ajuda de pessoas mais influentes através de auditorias. Este é um passo importante para se realizar a melhoria continua como visto na Figura 11, pois dificilmente se consegue realizar melhorias sobre algo que não se tem um referencial.

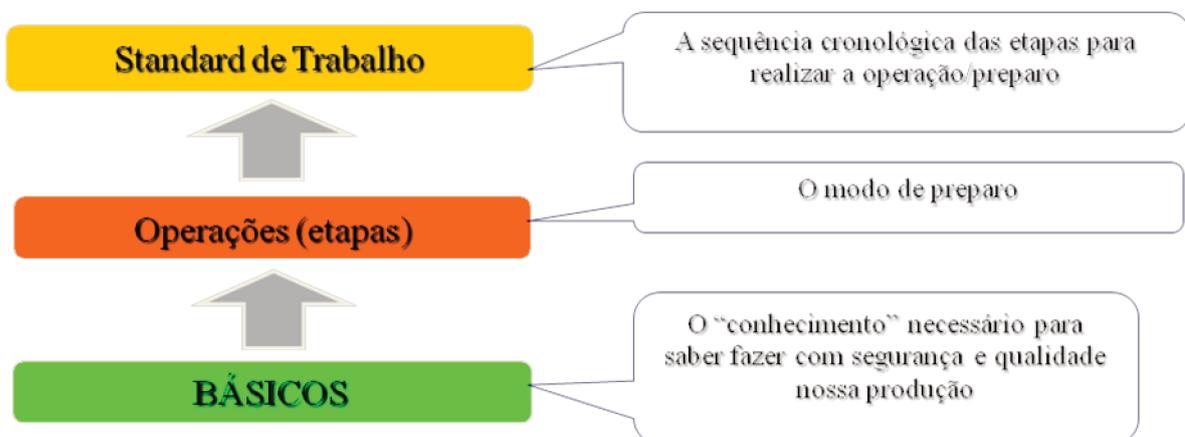


Figura 11: Padronização de processos.

Fonte: Elaborado pelo autor

2.3.8 5S

A metodologia designada por 5S proporciona uma organização de trabalho que visa o desenvolvimento de um ambiente limpo, organizado, com fluxos claramente identificados, com os materiais e as informações prontamente

disponíveis, com os procedimentos operacionais normalizados onde se consiga observar um erro ou defeito imediatamente por estar fora do padrão. O desenvolvimento destes novos hábitos e regras de trabalho reduzem significativamente as avarias e as perdas de tempo em atividades usuais.

Os 5S envolvem diretamente as pessoas para procurarem as melhores condições organizativas nos seus postos de trabalho através da racionalização das atividades, da eventual mudança progressiva das equipas de trabalho, tornando-o num ambiente dinâmico, procurando sempre a flexibilização dos operadores, tornando-os multifacetados e conhecedores de todas as áreas envolventes, permitindo a compreensão global da linha produtiva. Este um fator muito importante na aplicação da filosofia *Lean*.

É sempre positivo atender aos pedidos dos operadores que pretendam tornar o seu espaço de trabalho mais agradável e mais eficaz (BERTHOLEY, 2009).

Este método foi originalmente criado no Japão e traduz o início de cinco palavras japonesas e, curiosamente, também a sua tradução para a língua inglesa. Os 5S têm origem nas seguintes palavras:

- *Seiri* – Escolher – Verificação de material, ferramentas e maquinarias nos sítios certos em determinado posto de trabalho removendo tudo o que for excedentário;
- *Seiton* – Ordenar – Organizar todo o material, ferramentas, espaço, etc., de modo a que esteja sempre tudo acessível e alcançável no mínimo espaço de tempo;
- *Seiso* – Varrer – Limpar toda a área de trabalho, equipamentos e máquinas com o intuito de tornar tudo visível e ordenado;
- *Seiketsu* – Normalizar – Utilizar a mesma disposição, o mesmo controlo visual, as mesmas ferramentas por todas as áreas de trabalho para tornar mais fácil a flexibilização dos operadores;
- *Shitsuke* – Manter – Manter e rever as alterações efetuadas com o intuito da melhoria contínua.

Estas foram as cinco palavras originárias que deram o nome ao método, contudo, hoje em dia aplica-se os 6S, que se deveu à entrada de mais uma palavra inglesa, *Safety*, que tem como principal função identificar e corrigir perigos existentes (LEITE, 2008).

O verdadeiro benefício da filosofia dos 5S é que influencia os operadores a serem mais cuidadosos e perfeccionistas pelo gosto do desempenho da sua função em ambientes organizados, gerando menos produtos com defeitos, menos desperdícios, menos atrasos e menos avarias que se traduzem em menos custos de produção e num aumento significativo da qualidade.

Os 5S são o alicerce para a implementação da filosofia *Lean* (PARRIE, 2007).

2.3.9 KAIZEN

O termo *Kaizen* transcendeu o idioma japonês. Trata-se de um termo global que dispensa tradução, pois quando alinhado para atender os requisitos dos clientes, é muito poderoso e considerado fundamental no sistema produtivo. Muitas vezes o *Kaizen* é utilizado para redesenhar o sistema operacional, para aprimorar e projetar os processos e equipamentos.

A perfeição deve ser o objetivo constante de todos envolvidos nos fluxos de valor. Após a implementação dos quatro princípios anteriores, especificando o valor do produto a partir do cliente, identificando a cadeia de valor como um todo, fazendo com que o fluxo de valor flua e com que os clientes puxem o valor da empresa, a produtividade empresarial conseqüentemente aumenta e os custos diretos e indiretos diminuem. Ao intensificar a aplicação dos quatro princípios de forma interativa, surgem novos desperdícios e novos obstáculos ao fluxo de valor, criando-se oportunidades de melhoria e permitindo sua eliminação. Trata-se de um processo contínuo de aumento de eficiência e eficácia, em busca da perfeição. Para isso, a empresa pode contar com metodologias de melhoria contínua (*Kaizen*), como ciclo (PDCA) Planejamento (P), Executar (D), Verificar (C) e Ação corretiva (D) - PDCA, entre outras.

Segundo Womack (2011), a existência dos programas práticos de workshops de *Kaizen*, círculos de *kaizen* e programas de sugestões, são fundamentados, a partir da mudança conceitual e cultural das pessoas pelas quais estarão a frente dessas práticas.

Workshop de *Kaizen* – Aplicação do *kaizen* deve-se primeiramente, pelo estabelecimento dos próprios objetivos e pela escolha dos métodos, colocando-os em prática, durante um período pré-estabelecido e por meio de uma apresentação. Essa também é uma excelente oportunidade para conhecer os seus próximos desafios.

Círculo de *Kaizen* – São atividades em pequenos grupos, e o método mais conhecido do estilo Japonês de administração, mas isso nem sempre funcionará

automaticamente apenas com a formação do grupo. Os grupos devem ter objetivos claros relacionados com a necessidade do negócio e os administradores devem apoiá-los com todo cuidado. Neste caso é mais importante melhorar a capacidade dos membros dos grupos do que percorrer atrás de índices.

Programas de Sugestão – Em qualquer fábrica da Toyota é possível ver grandes cartazes com frases do tipo “Bom produto, bom pensamento”. Em 1951 a Toyota iniciou com o primeiro programa de sugestão chamado *sou-i Kufuh Tei-an Se-i-do* e até hoje os empregados da Toyota ainda contribuem com sugestões para o programa. Um programa de sugestões pode ser um excelente modo de envolver os colaboradores na transformação *Lean*.

O *Kaizen* tem um conceito de guarda chuva abrangendo as práticas exclusivamente e que tomaram dimensão mundial (IMAI, 1990), Figura 12.



Figura 12: O guarda chuva do Kaizen

Fonte: IMAI, 1990

Segundo Imai (1990), o *Kaizen* adota a estratégia de que não se deve passar um dia sequer sem que alguma melhoria tenha sido promovida em algum local da empresa. Seus conceitos permitiram que as empresas japonesas desenvolvessem uma forma de pensar orientada para processo, assim, assegurando a melhoria continua com a participação de pessoas, independente do seu nível hierárquico dentro da empresa.

2.3.10 PDCA

O *Ciclo de Deming* corresponde a um círculo girando de forma contínua e dá ênfase a interação permanente entre as atividades de pesquisa, projeto, produção e venda para resultar numa qualidade superior para satisfazer os clientes segundo Falcone.

O *Ciclo PDCA*, Figura 13, pode ser descrito da seguinte forma:

Planejamento (P): Estabelecimento das metas para os itens, com objetivo de solucionar o problema ou gerar a melhoria;

Execução (D): Execução das tarefas conforme o plano de coleta de dados para verificação do processo. É fundamental o treinamento no trabalho decorrente da fase de planejamento;

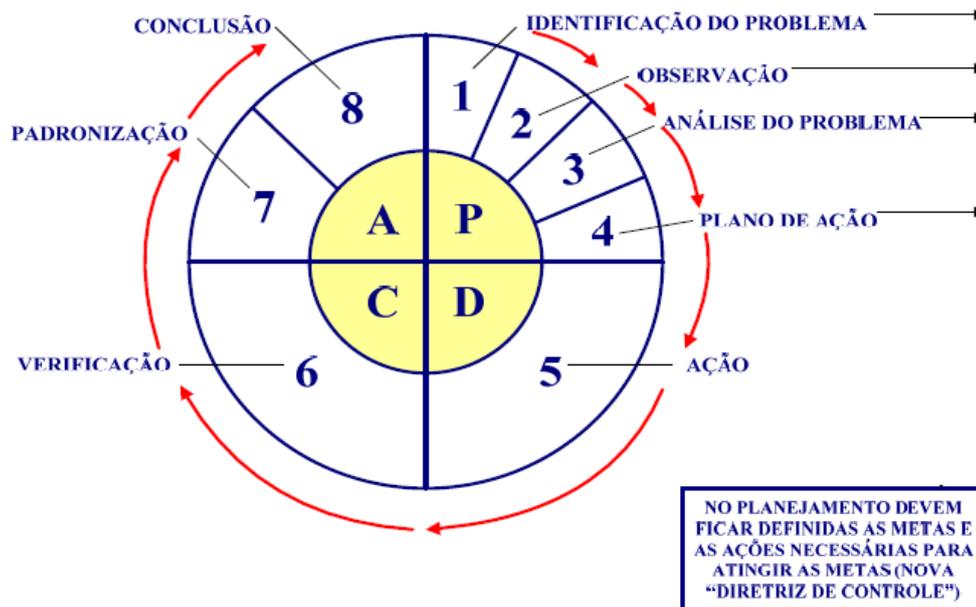


Figura 13: Exemplo de PDCA

Fonte: Campos, 1994.

Verificação (C): Comparação do resultado obtido perante a meta estabelecida;

Ação corretiva (A): Ação corretiva sobre desvios identificados.

Segundo Wekerma (1995), o PDCA proporciona a tomada de decisões capazes de assegurar que as metas que uma empresa estabelece para a sua sobrevivência sejam alcançadas. Mas além de ser considerada uma ferramenta para solucionar problemas, conforme citado pela Kovacova pode-se associar a ferramenta do ciclo PDCA com o conceito *Kaizen*, como se pode ver na Figura 14.

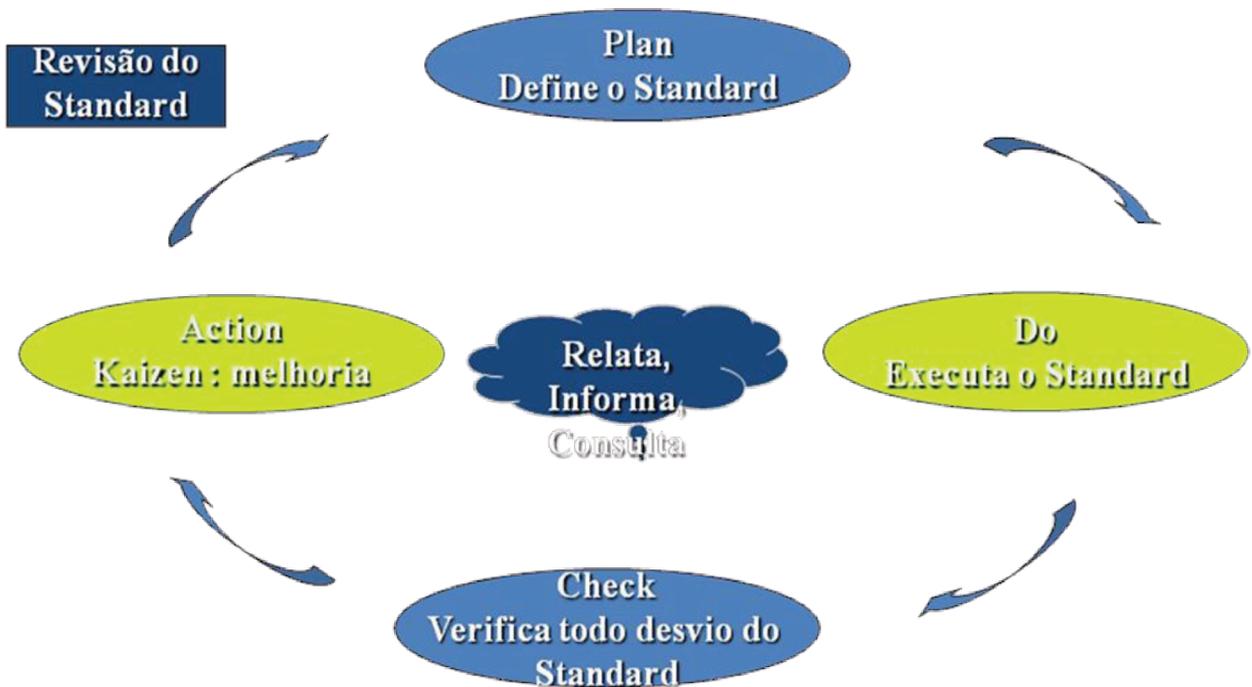


Figura 14: *Kaizen* com o conceito de PDCA

Fonte: Elaborado pelo autor.

A futura eficácia de um *Kaizen* dependerá de um plano bem elaborado e cuidadoso, para prover dados e informações para as demais fases do método.

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

O presente estudo tem como objetivo principal a inserção dos conceitos da filosofia *Lean* no sistema produtivo de uma empresa automobilística com o intuito de torna-la mais competitiva e preparada para o futuro. Foi feita uma análise atual da empresa e foram diagnosticados os eventuais pontos suscetíveis de melhoria, sendo apresentadas, posteriormente, sugestões que conduzam a um estado mais evoluído e enxuto.

Este capítulo inicia-se com a apresentação das metodologias de análise utilizadas, seguida de uma breve descrição da empresa e do seu sistema produtivo atual. É apresentado o diagnóstico da linha produtiva e seu *layout*. Procede-se à análise aprofundada sobre os setores recorrendo ao estudo dos tempos e métodos, redução de espaço em borda de linha, o risco de qualidade devido ao grande número de diversidade nos postos de trabalho e finalizando com a apresentação do mapeamento de valor do estado atual. Posteriormente, são desenvolvidas soluções de melhoria que permitam um acréscimo da sua capacidade produtiva, redução do espaço em borda de linha e do risco qualidade no processo de montagem e terminando com a apresentação do mapeamento de valor do estado futuro da empresa.

3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do estudo de caso foi necessária uma análise detalhada de todo impacto da diversidade no sistema produtivo, com foco nas versões produzidas na empresa. Essa análise inicia-se com o mapeamento das diversidades nos postos de trabalho para verificar os reais desperdícios, passando pelas propostas de supressão de cada uma delas, e chegando até a efetiva supressão das mesmas, garantindo a boa aplicação do Lean Manufacturing na empresa.

Nesta fase foram realizados estudos dos tempos do processo produtivo e identificado os seus desperdícios, os transportes necessários e desnecessários e os movimentos típicos e atípicos dos operadores de determinados postos de trabalho

recorrendo-se a análises visuais, a entrevistas informais, a observações instantâneas, a cronometragens e à não utilização de determinadas peças devido ao baixo volume de produção, chamadas de peças sobressalentes ou descartes.

Em decorrência dos estudos efetuados sobre o tema, tal sequência resume a metodologia do estudo:

1. Observar as perdas que poderiam ser geradas pelas grandes quantidades de diversidade de modelos (superprodução, espera, transporte, retrabalho, inventário, movimentação, qualidade/defeitos), para validar o início dos estudos;
2. Mapear todas as versões produzidas na planta;
3. Analisar os impactos de peças específicas para cada versão e aplicar o conceito dos 3 MUs (*MUDA*, *MURI*, *MURA*) para identificar os desperdícios;
4. Quantificar volume total de produção de cada versão;
5. Criar curva ABC e realizar análise estatística;
6. Proposta de supressão de versão com o volume anual menor que 0,5%;
7. Quantificar/mensurar os desperdícios geradas por essas versões;
8. Analisar o impacto da supressão das versões e das peças;
9. Definir a supressão das versões em âmbito geral;
10. Verificar por meio de dados comparativos posteriores a eficácia do estudo de redução dos desperdícios;
11. Definir como padrão que nos próximos projetos não serão lançados veículos com volume previsto abaixo de 0,5%.

A duração do trabalho de levantamento dos dados de mapeamento de valor de toda a situação atual da empresa durou cerca de cinco meses, não só na parte sistêmica, mas também no chão de fábrica com auxílio dos operadores e das pessoas responsáveis pela produção.

Com o objetivo de obter um estudo aprofundado sobre o funcionamento da empresa, foi necessário recorrer a vários tipos de análise e observação com o intuito de fundamentar, solidificar e estruturar esta dissertação e garantir, assim, resultados que possam continuar sendo aplicados no futuro.

Apesar da fábrica possuir três prédios de produção (chaparia, pintura e montagem), este estudo baseia-se fortemente na área da montagem veicular, designada por L1 – Linha de montagem veicular um e por L2 – Linha de montagem veicular dois. A Linha 1 é responsável pela produção das diferentes versões das famílias T30 – Veículo 207 3 Portas, T31 – Veículo 207 5 Portas, T32 – Veículo 207 5 Portas SW, T33 – Veículo 207 5 Portas Passion, A8 – Veículo C3, motorização 1.4, 1.6 e 2.0 flex, gasolina e diesel. A linha 2 é responsável pela produção dos veículos N78, T34 e motorização 1.4, 1.6 e 2.0 flex, gasolina e diesel. Com uma produção média de 29 veículos/hora e com essa imensa diversidade de gamas e modelos, se torna mais estimulante para o fim a que este estudo se propõe.

3.2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A empresa consiste, basicamente, de um processo produtivo contínuo, no qual ocorre a montagem dos modelos descritos acima em quatro segmentos de linha situados na Linha 1 e dois segmentos de linha na Linha 2, utiliza três turnos de trabalho, sendo que o primeiro inicia-se de madrugada e é fixo, os outros dois existe uma transição semanal durante a manhã e a tarde.

3.2.1 Linha 1

A Linha 1 é formada por quatro grandes segmentos de linha, denominados de HC1, HC2, MV2 e MV3, e seus afluentes que são as linhas de montagem dos órgãos mecânicos, preparação dos órgãos mecânicos (POM), montagem de painel de bordo (PdB) e linha de portas (PP), onde todas são dependentes desses quatro grandes segmentos de linha, como visto na Figura 15.

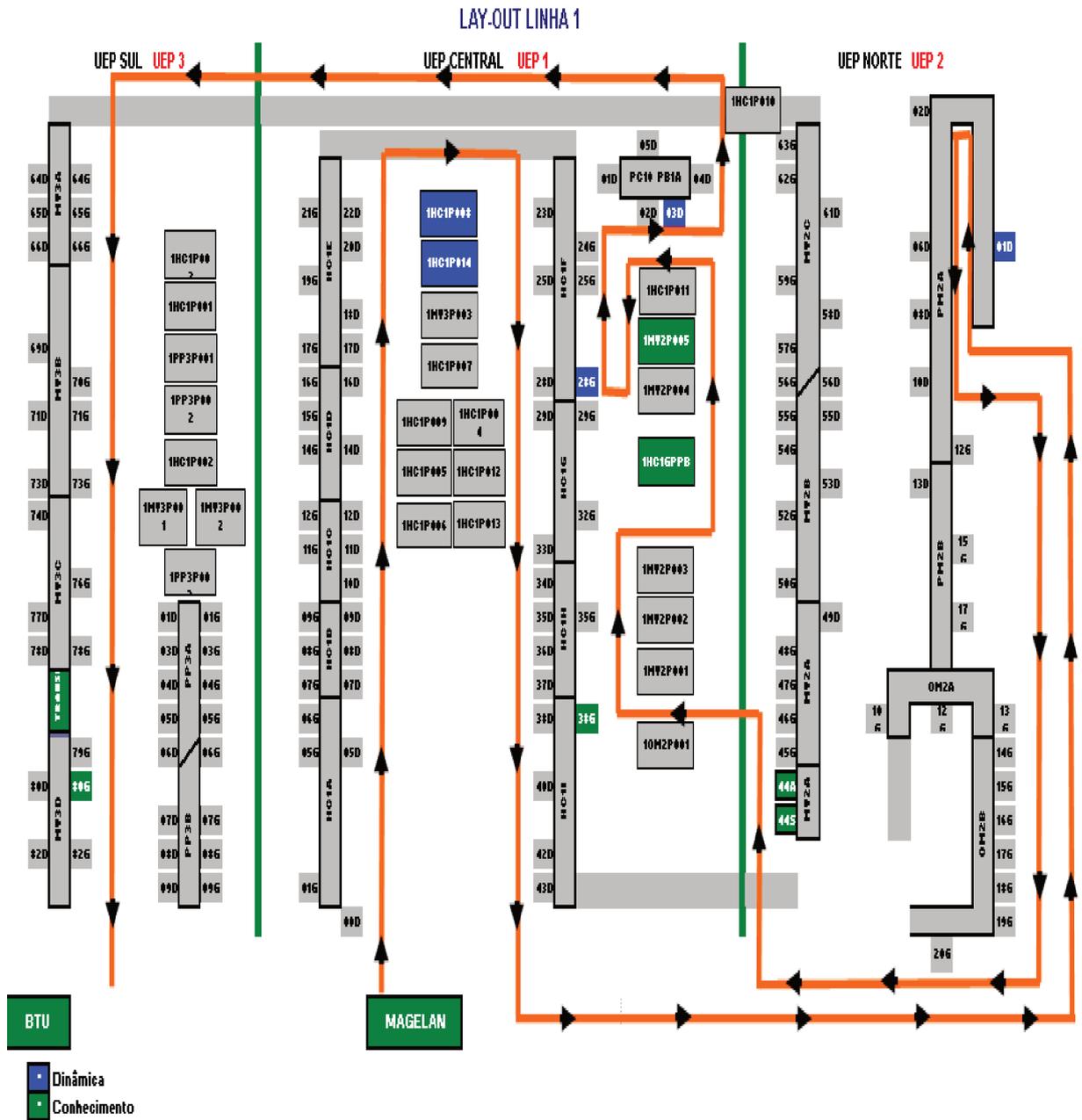


Figura 15 – Layout da Linha 1 da área de montagem veicular
 Fonte: Desenvolvido pelo autor.

1. HC1 – Acabamento veicular 1

É responsável pela montagem do acabamento veicular do primeiro grande segmento de linha, que consiste nas seguintes operações: montagem das grapas e grampos para encaminhamento dos ramais elétricos e tubulações, encaminhamento de todos os ramais elétricos, desmontagem de todas as portas do veículo, montagem do mecanismo lava-vidro, fixação dos cintos de segurança, montagem do painel de bordo, posicionamento dos tapetes, montagem do teto, encaixe das borrachas de portas, posicionamento das borrachas de estanqueidade e fixação da pedaleira.

2. HC2 – Acabamento veicular 2

É responsável pela montagem do acabamento veicular do segundo grande segmento de linha, que consiste nas seguintes operações: preparação e colagem dos vidros dianteiros, laterais e traseiros, montagem do rádio, montagem do módulo *air bag*, montagem do filtro de ar, montagem da tubulação de ar condicionado, fixação da caixa inteligente do freio ABS, montagem do para-choque traseiro, montagem do limpador de para-brisa e posicionamento do tanque de combustível no veículo.

3. MV2 – Montagem veicular 2

É responsável pela montagem veicular do terceiro grande segmento de linha, que consiste nas seguintes operações: acoplamento da carroceria com os órgãos mecânicos, abastecimentos de fluidos, posicionamento do estepe, fixações dos freios, montagem do grupo moto ventilador, montagem do calculador, montagem do para choque dianteiro e montagem do para-lama traseiro.

4. MV3 – Montagem veicular 3

É responsável pela montagem veicular do quarto grande segmento de linha, que consiste nas seguintes operações: montagem do para-lama dianteiro, montagem e fixação das rodas, remontagem das portas, calibragem freio de mão, montagem e fixação dos bancos, montagem do volante, montagem da bateria e ativar circuito elétrico do veículo.

5. PdB – Montagem do painel de bordo

É responsável pela linha de montagem do painel de bordo, que consiste nas seguintes operações; montagem da coluna de direção no painel de bordo, encaminhamento de ramais elétricos, montagem do controle de setas e relógio digital e manual.

6. POM – Montagem órgãos mecânicos

É responsável pela linha de montagem dos órgãos mecânicos, que consiste nas seguintes operações: montagem da caixa de cambio no motor, montagem do alternador, montagem do compressor, montagem da bomba de direção, montagem da correia de tensão, posicionamento do escapamento, posicionamento do trem traseiro, montagem do berço do motor e montagem do cubo de rodas.

7. PP – Linha de portas

É responsável pela linha de montagem das portas, que consiste nas seguintes operações; Montagem do retrovisor nas portas dianteiras, responsável pelo mecanismo levanta vidro automático ou manual, montagem do painel de porta e montagem da maçaneta da porta.

3.3 ESTUDO DOS MÉTODOS

Esta metodologia de análise tem como objetivo a compreensão global da linha produtiva em questão e foi amplamente utilizada ao longo deste estudo de modo a permitir o conhecimento das operações e procedimentos de cada setor. Verifica-se duas técnicas de estudo dos métodos que contribuiriam para uma análise qualitativa de cada setor e, conseqüentemente, da linha produtiva em estudo.

3.4 ANÁLISE VISUAL

A análise visual é o método de constatação da realidade que permite obter uma noção geral sobre todo o processo de produção. Essa técnica foi utilizada com maior intensidade no início deste estudo e foi de capital importância porque facultou o conhecimento das noções básicas sobre os comportamentos e funções de cada operador, o *modus operandi* de cada posto de trabalho da linha produtiva 1. Foi observada a atuação de cada operador no normal desempenho das suas funções em um longo período de tempo e sempre a uma distância significativa do local a ser observado.

3.5 ENTREVISTAS INFORMAIS

Essa ferramenta contribuiu para a consolidação do conhecimento adquirido por meio da análise visual contribuindo para a obtenção de ideias para eventuais melhorias do sistema. Proporcionou uma noção mais clara e objetiva sobre as responsabilidades de cada operador no seu posto e a constatação da dificuldade de cumprimento do padrão de trabalho devido ao excesso de operações e das distintas peças a serem montadas nos postos de trabalho. Ajudou também na identificação dos desperdícios de difícil percepção na análise visual.

3.6 ESTUDO DOS TEMPOS

Esse estudo foi desenvolvido, principalmente, a duas técnicas: as observações instantâneas e as cronometragens. Ambas permitem analisar o desempenho e/ou eficiência de cada posto da linha produtiva quantificando-a, ou seja, apresentando resultados concretos sobre os tempos de montagem de cada posto de trabalho. Essas técnicas foram utilizadas no estudo para determinar as operações que agregam valor e os que não agregam valor, materializando-os de forma a serem estudados.

3.7 OBSERVAÇÕES INSTANTÂNEAS

As observações instantâneas surgiram com o propósito de quantificar a taxa de produção da máquina e do operador nos vários estados operativos. Esse método foi utilizado para distinguir o que agrega valor do que não agrega valor. Consistiu na contabilização de observações em intervalos de tempo, conforme a necessidade do processo, representando de forma quantitativa a realidade da linha 1 e linha 2.

Essa medição foi efetuada a uma distância significativa de cada setor para que os resultados sejam os mais verdadeiros possíveis, sem a influencia da presença de uma pessoa estranha, causando pressão ou um hipotético excesso de zelo no operador em estudo. Por meio dessa análise, foram obtidos os valores percentuais das taxas de trabalho efetivo e das perdas existentes em cada posto, apresentando uma informação válida e concreta sobre os possíveis desperdícios.

3.8 CRONOMETRAGENS

As cronometragens tornaram-se essenciais para medir o tempo efetivo de produção bem como o tempo de ciclo inerente a cada processo. Consiste na medição temporal contínua da operação que se pretende estudar, contribuindo de

forma efetiva para a obtenção dos valores que retratam a realidade e dos desperdícios que a diversidade causava.

3.9 ANÁLISE DA DIVERSIDADE NO PROCESSO

Nesta fase do trabalho procede-se à apresentação dos resultados decorrentes das observações e estudos realizados sobre a diversidade, quantificando-se os valores que traduzem a realidade nesta linha de produção. Com essa informação pretende-se avaliar o estado do processo e identificar eventuais aspectos com potencial de melhoria.

3.10 ANALISE DAS IMPLANTAÇÕES

Esta fábrica tem aproximadamente dez anos de construção, sendo que se desenvolveu e cresceu à medida que os lançamentos dos novos produtos foram necessários para suprir o mercado em expansão no Brasil. No intuito de averiguar as disposições físicas atuais da linha produtiva e analisar os diferentes tipos de processo, procedeu-se à análise das implantações. Um bom estudo de redução de diversidade na linha de produção contribui para a redução de desperdícios como transportes, movimentos e esperas, melhorando a eficiência dos setores operativos, minimizando os desperdícios referidos. Permite também identificar o espaço ocupado desnecessariamente que pode ser reaproveitado e/ou transformado em espaço útil dando outra perspectiva às reais capacidades das linhas 1 e 2.

3.11 MAPEAMENTO DA DIVERSIDADE

Essa técnica foi utilizada para manifestamente, sistematizar e evidenciar toda a informação obtida na fase do diagnóstico facilitando a visualização dos desperdícios existentes nas linhas 1 e 2. Consistiu na aplicação de simbologia específica onde se elaborou um desenho com toda a informação relevante da realidade atual. Assim, foi possível delinear uma estratégia e elaborar um plano de

trabalho com o objetivo de reduzir a quantidade de peças na BdL e o aumento da capacidade produtiva da linha em questão.

3.11.1 Versões

A diversidade de veículos produzidos na fábrica chega a 73 versões, essa quantidade se deve às diferentes motorizações, aos níveis de acabamento, aos veículos nacionais e de exportação, com 44 versões do modelo T3, 14 versões do modelo A8, 13 versões do modelo N78 e 2 versões do modelo T1, como pode ser visto na Figura 16.

Quantidade de modelos produzidos na PMVB				
T3	A8	N78	T1	TOTAL
44	14	13	2	73

Figura 16 – Quantidade de versões produzidos na fábrica

Fonte: Elaborado pelo Autor

3.11.2 Modelo T33

Para o modelo T33, existem 23 versões abertas com possibilidade de produção. Porém, somente 15 delas detêm um volume de produção acima de 0,05% do volume global. Conforme a análise de estudo, uma versão abaixo de 0,05% de produção gera muitos desperdícios para o processo produtivo. Portanto, propôs-se a suspensão de todas as versões com volume inferior. No caso do modelo T33, foram propostas oito supressões de versão, como visto na Tabela 1, no detalhamento das versões do modelo T33.

Tabela 1: Detalhamento das versões do modelo T33

Fonte: Elaborado pelo Autor

VOLUME DE PRODUÇÃO VERSÕES T33 -> 28111				
T33 CORRESPONDE A 26,3 % DA PRODUÇÃO NA PMVB				
	Versões Produzidas	Volume	% anual N78 na PMVB	% Acumulada N78
1	1PT3A4F6Q555P410	14474	13,53%	13,5%
2	1PT3A4U6S555P410	3034	2,84%	16,4%
3	1PT3A4U6SL55P410	2433	2,28%	18,6%
4	1PT3A4F6Q527A010	1532	1,43%	20,1%
5	1PT3A4U6S527A010	1187	1,11%	21,2%
6	1PT3A4D6Q555P410	1000	0,94%	22,1%
7	1PT3A4D6Q527A010	590	0,55%	22,7%
8	1PT3A4F7H527A010	505	0,47%	23,1%
9	1PT3A4U6SL58A012	306	0,29%	24,2%
10	1PT3A4U2X527A010	301	0,28%	24,5%
11	1PT3A4D6Q558A012	265	0,25%	24,8%
12	1PT3A4F6Q528A011	224	0,21%	25,2%
13	1PT3A4U6S558A012	217	0,20%	25,4%
14	1PT3A4D7H527A010	198	0,19%	25,6%
15	1PT3A4F6Q528MJ10	178	0,17%	25,8%
16	1PT3A4U6SL28A010	52	0,05%	26,1%
17	1PT3A4U6S528A010	40	0,04%	26,2%
18	1PT3A4F6SL28A011	30	0,03%	26,2%
19	1PT3A4F6S528A011	18	0,02%	26,2%
20	1PT3A4U2X528A010	10	0,01%	26,3%
21	1PT3A4U6SL28MJ10	4	0,00%	26,3%
22	1PT3A4F7H528A011	0	0,00%	26,3%
23	1PT3A4U6S528MJ10	0	0,00%	26,3%
	Total	28111	26,3%	

Para visualizar melhor a porcentagem do volume de fabricação, elaborou-se um diagrama de Pareto, simbolizando por meio das cores azul, para versões acima de 0,05% do volume de produção e vermelha, para as versões com a porcentagem de volume inferior de 0,05%, que pode ser visto na Figura 17.

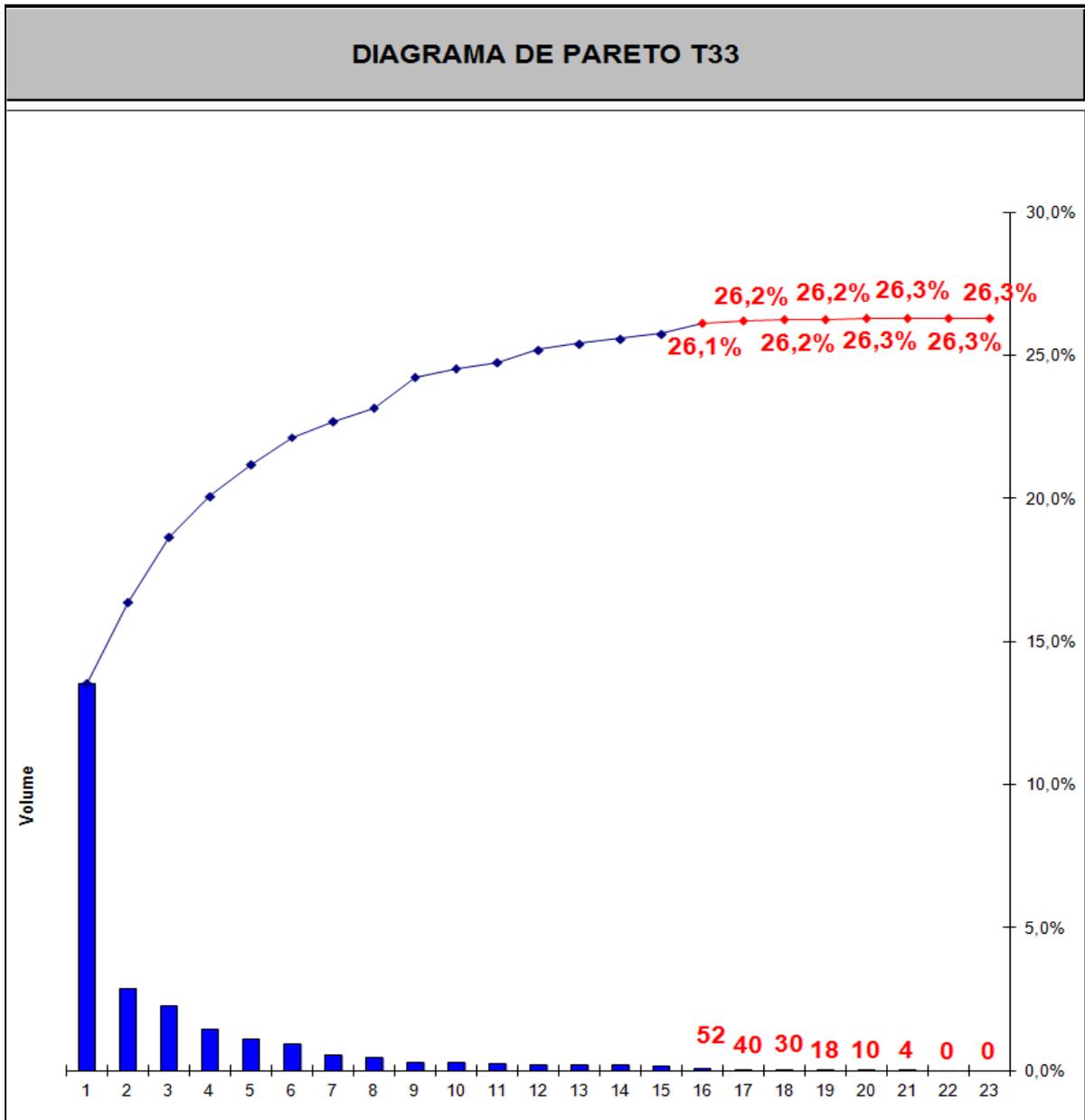


Figura 17 : Diagrama de Pareto da porcentagem de volume do modelo T33

Fonte: Elaborado pelo Autor

3.11.3 Modelo T32

Para o modelo T32, existem treze versões abertas com possibilidade de produção. Porém, somente cinco delas detêm um volume de produção acima de 0,05% do volume global. Conforme a análise de estudo, uma versão abaixo de 0,05% de produção gera muitos desperdícios para o processo produtivo. Portanto, propôs-se a suspensão de todas as versões com volume inferior. No caso do modelo T32, foram propostas oito supressões de versão, como visto na Tabela 2, no detalhamento das versões do modelo T32.

Tabela 2: Detalhamento das versões do modelo T32

Fonte: Elaborado pelo Autor

VOLUME DE PRODUÇÃO VERSÕES T32 -> 7160				
T32 CORRESPONDE A 6,7 % DA PRODUÇÃO NA PMVB				
	Versões Produzidas	Volume	% anual T32 na PMVB	% Acumulada T32
1	1PT3C5Z6S555P410	2980	2,77%	2,8%
2	1PT3C5F6Q555P410	2392	2,22%	5,0%
3	1PT3C5U6SL55P410	973	0,90%	5,9%
4	1PT3C5F6S527A010	400	0,37%	6,3%
5	1PT3C5U6S527A010	187	0,17%	6,4%
6	1PT3C5F6Q528A011	81	0,08%	6,5%
7	1PT3C5U2X527A010	61	0,06%	6,6%
8	1PT3C5F6SL28A011	29	0,03%	6,6%
9	1PT3C5F6S528A011	29	0,03%	6,6%
10	1PT3C5U6SL28A010	22	0,02%	6,6%
11	1PT3C5Z6S528A010	4	0,00%	6,7%
12	1PT3C5Z6S527A010	2	0,00%	6,7%
13	1PT3C5U6S528A010	0	0,00%	6,7%
	Total	7160	6,7%	

Para visualizar melhor a porcentagem do volume de fabricação, elaborou-se um diagrama de Pareto, simbolizando por meio das cores azul, para versões acima de 0,05% do volume de produção e vermelha, para as versões com a porcentagem de volume inferior de 0,05%, que pode ser visto na Figura 18.

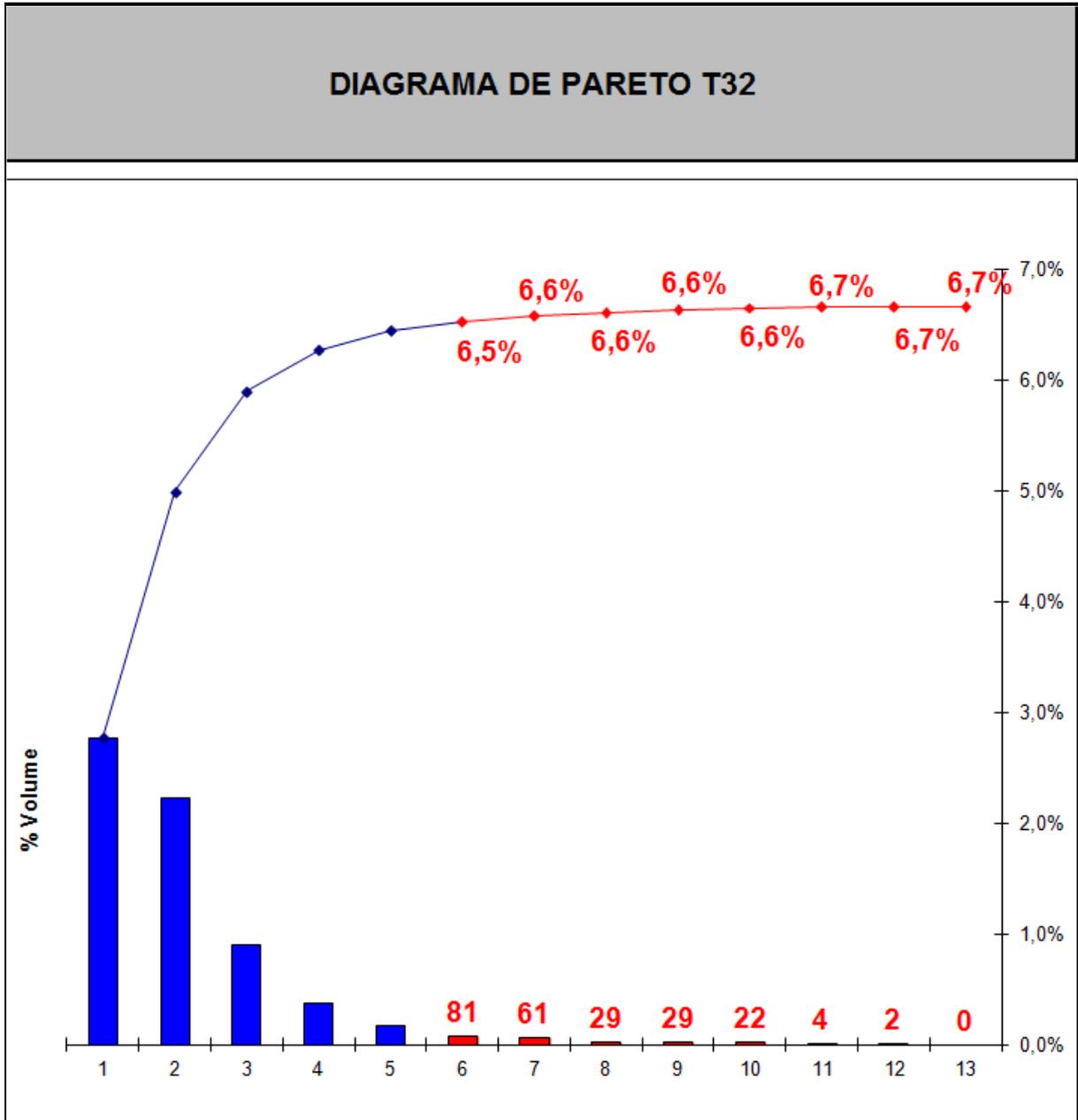


Figura 18: Diagrama de Pareto da porcentagem de volume do modelo T32

Fonte: Elaborado pelo Autor

3.11.4 Modelo T30/T31

Para o modelo T30/T31, existem oito versões abertas com possibilidade de produção. Portanto, somente 5 delas detêm um volume de produção acima de 0,05% do volume global. Conforme a análise de estudo, uma versão abaixo de 0,05% de produção gera muitos desperdícios para o processo produtivo. Portanto, propôs-se a suspensão de todas as versões com volume inferior. No caso do modelo T30/T31, foram propostas três supressões de versão, como visto na Tabela 3, no detalhamento das versões do modelo T30/T31.

Tabela 3 : Detalhamento das versões do modelo T30/T31

Fonte: Elaborado pelo autor

VOLUME DE PRODUÇÃO VERSÕES T30 / T31 -> 24106				
T30/T31 CORRESPONDE A 22,4 % DA PRODUÇÃO NA PMVB				
	Versões Produzidas	Volume	% Relativa T301	% Acumulada T301
1	1PT3A5F6Q555P410	16441	15,28%	15,3%
2	1PT3A5U6S555P410	3343	3,11%	18,4%
3	1PT3A5U6SL55P410	2184	2,03%	20,4%
4	1PT3A5D6Q555P410	894	0,83%	21,2%
5	1PT3A3D6Q555P410	384	0,36%	22,3%
6	1PT3A3D6Q558A012	0	0,00%	22,4%
7	1PT3A5U6S558A012	0	0,00%	22,4%
8	1PT3A5D6Q558A011	0	0,00%	22,4%
	Total	24106	22,4%	

Para visualizar melhor a porcentagem do volume de fabricação, elaborou-se um diagrama de Pareto, simbolizando por meio das cores azul, para versões acima de 0,05% do volume de produção e vermelha, para as versões com a porcentagem de volume inferior de 0,05%, que pode ser visto na Figura 19.

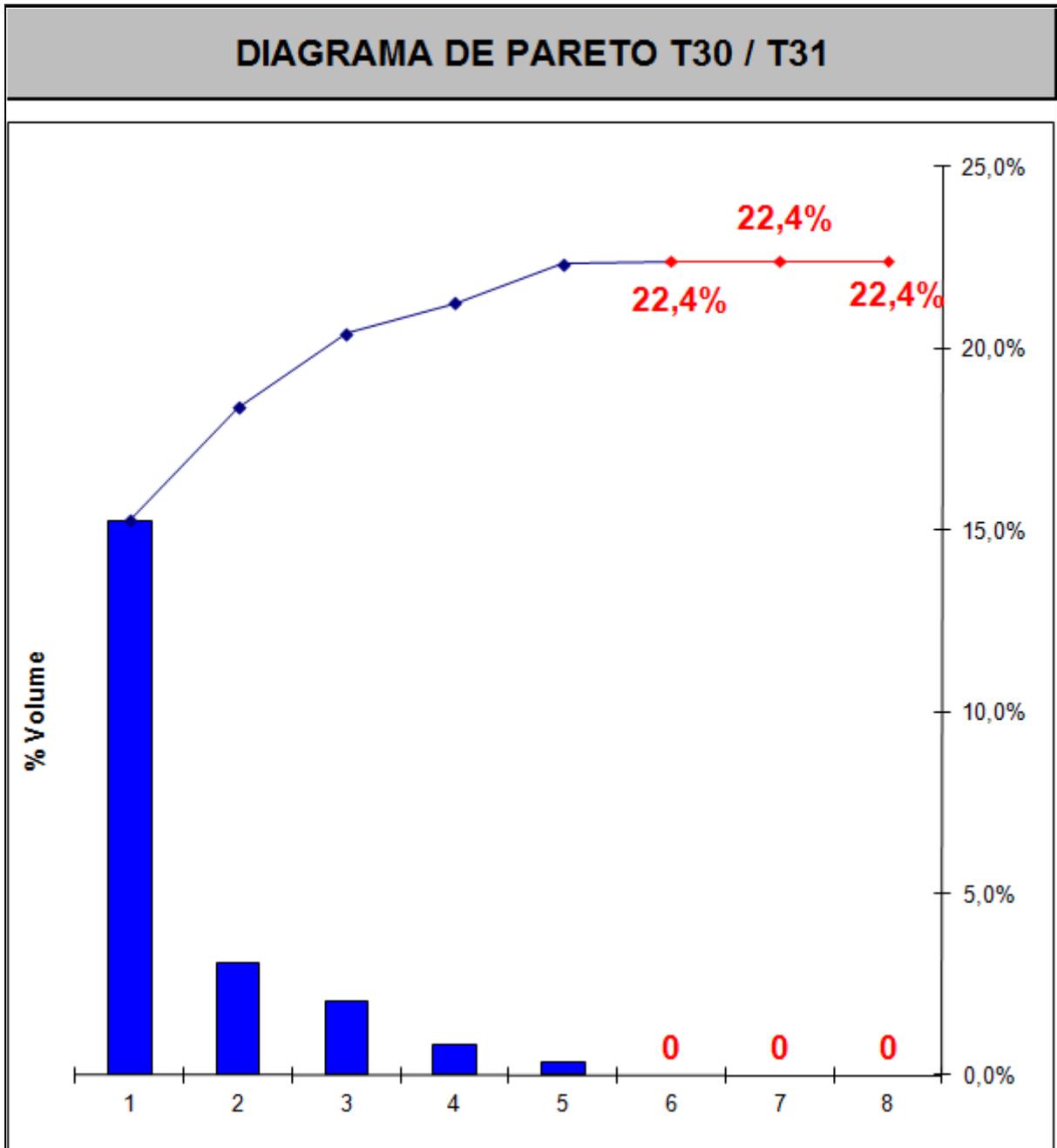


Figura 19 : Diagrama de Pareto da porcentagem de volume do modelo T30/T31

Fonte: Elaborado pelo Autor

3.11.5 Modelo N78

Para o modelo N78, existem oito versões abertas com possibilidade de produção. Portanto, somente 5 delas detêm um volume de produção acima de 0,05% do volume global. Conforme a análise de estudo, uma versão abaixo de 0,05% de produção gera muitos desperdícios para o processo produtivo. Portanto, propôs-se a suspensão de todas as versões com volume inferior. No caso do modelo N78, foram propostas seis supressões de versão, como visto na Tabela 4, no detalhamento das versões do modelo N78.

Tabela 4: Detalhamento das versões do modelo N78

Fonte: Elaborado pelo Autor

VOLUME DE PRODUÇÃO VERSÕES N78 -> 9769				
N78 CORRESPONDE A 9,1 % DA PRODUÇÃO NA PMVB				
	Versões Produzidas	Volume	% anual N78 na PMVB	% Acumulada N78
1	1CN8AFE6S555F410	5992	5,57%	5,6%
2	1CN8AFH6S555F410	1234	1,15%	6,7%
3	1CN8AFE6S527A011	733	0,68%	7,4%
4	1CN8AFH6VL55A810	574	0,53%	7,9%
5	1CN8AFH6V527A011	232	0,22%	8,5%
6	1CN8AFH6S527A011	217	0,20%	8,7%
7	1CN8AFH2X527A011	182	0,17%	8,8%
8	1CN8AFE6VL55A810	96	0,09%	8,9%
9	1CN8AFE6V527A011	56	0,05%	9,0%
10	1CN8AFH6VL27A011	31	0,03%	9,0%
11	1CN8AFH6V555A810	8	0,01%	9,1%
12	1CN8AFE6V555A810	2	0,00%	9,1%
13	1CN8AFE2X527A011			9,1%
	Total	9769	9,1%	

Para visualizar melhor a porcentagem do volume de fabricação, elaborou-se um diagrama de Pareto, simbolizando por meio das cores azul, para versões acima de 0,05% do volume de produção e vermelha, para as versões com a porcentagem de volume inferior de 0,05%, que pode ser visto na Figura 20.

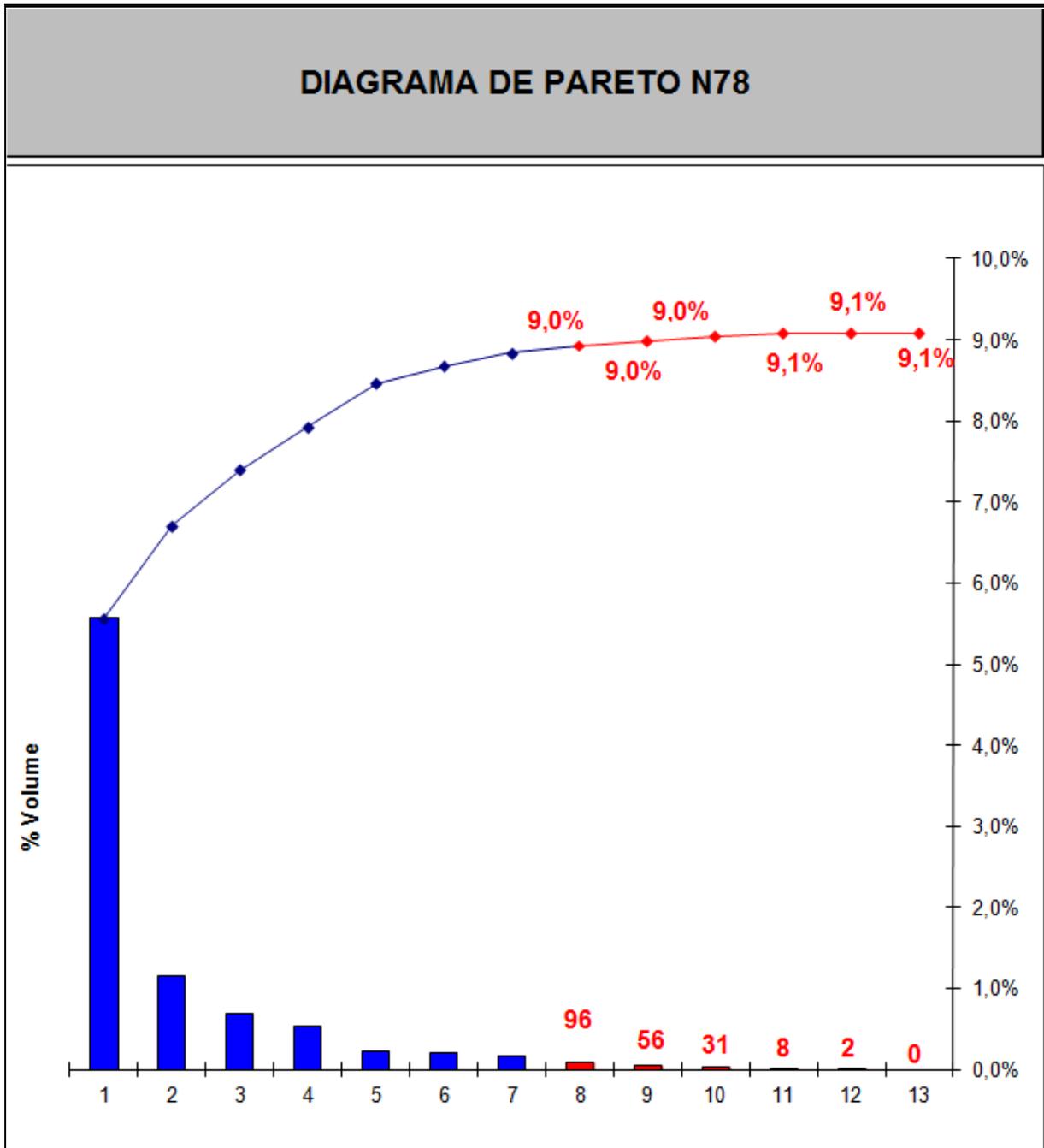


Figura 20 : Diagrama de Pareto da porcentagem de volume do modelo N78

Fonte: Elaborado pelo Autor

3.11.6 Modelo A8

Para o modelo A8 existem 14 versões abertas com possibilidade de produção. Portanto, dez delas detêm um volume de produção acima de 0,05% do volume global. Conforme a análise de estudo, uma versão abaixo de 0,05% de produção gera muitos desperdícios para o processo produtivo. Portanto, propôs-se a suspensão de todas as versões com volume inferior. No caso do modelo A8, foram propostas quatro supressões de versão, como visto na Tabela 5, no detalhamento das versões do modelo A8.

Tabela 5: Detalhamento das versões do modelo A8

Fonte: Elaborado pelo Autor

VOLUME DE PRODUÇÃO VESÕES A8 -> 38450				
A8 CORRESPONDE A 35,7% DA PRODUÇÃO				
	Versões Produzidas	Volume	% anual de A8 na PMVB	% Acumulada A8
1	1CA8A5F6Q555F470	16825	15,63%	15,6%
2	1CA8A5L6Q555F470	6033	5,61%	21,2%
3	1CA8A5Z6Q555F470	3475	3,23%	24,5%
4	1CA8A5L6SL55F470	3366	3,13%	27,6%
5	1CA8A5F6Q527A071	2546	2,37%	30,0%
6	1CA8A5L6S555F470	1360	1,26%	31,2%
7	1CA8A5Z6S555F470	1300	1,21%	33,7%
8	1CA8A5F6SL55F470	763	0,71%	34,4%
9	1CA8A5Z7P527A071	584	0,54%	34,9%
10	1CA8A5F6S527A071	289	0,27%	35,5%
11	1CA8A5L6S527A071	98	0,09%	35,6%
12	1CA8A5F6S555F470	60	0,06%	35,6%
13	1CA8A5L7P527A071	15	0,01%	35,7%
14	1CA8A5Z6Q527A071	2	0,00%	35,7%
	Total	38450	35,7%	

Para visualizar melhor a porcentagem do volume de fabricação, elaborou-se um diagrama de Pareto, simbolizando por meio das cores azul, para versões acima de 0,05% do volume de produção e vermelha, para as versões com a porcentagem de volume inferior de 0,05%, que pode ser visto na Figura 21.

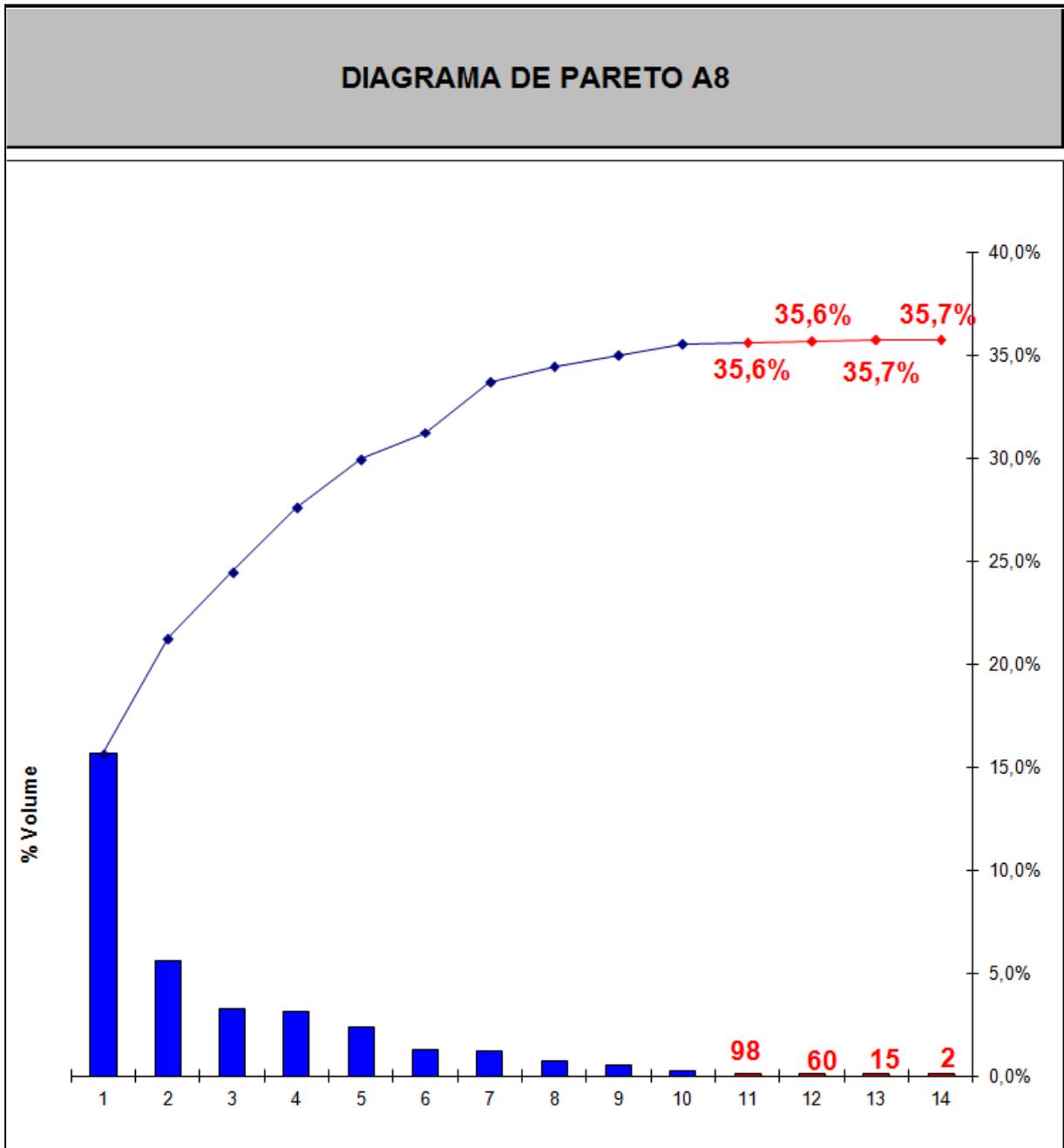


Figura 21 : Diagrama de Pareto da porcentagem de volume do modelo A8

Fonte: Elaborado pelo Autor

3.11.7 Modelo T10/T11

Para o modelo T10/T11, existem duas versões abertas com possibilidade de produção. Ambas detêm um volume de produção acima de 0,05% do volume global. Conforme a análise de estudo, uma versão abaixo de 0,05% de produção gera muitos desperdícios para o processo produtivo. Mesmo acima dos 0,05% do volume de produção, propôs-se a suspensão de todas as versões, devido a complexidade no processo produtivo e uma vida útil curta, como visto na Tabela 6.

Tabela 6: Detalhamento das versões do modelo T10/T11

Fonte: Elaborado pelo Autor

VOLUME DE PRODUÇÃO VERSÕES T10 / T11 -> 2282				
T10 / T11 CORRESPONDE A 2,09 % DA PRODUÇÃO NA PMVB				
	Versões Produzidas	Volume	% anual T1 na PMVB	% Acumulada T1
1	1PT1A526Q555A080	1239	1,13%	1,1%
19	1PT1A326Q555A080	198	0,18%	2,0%
	Total	2282	2,09%	

Para visualizar melhor a porcentagem do volume de fabricação, elaborou-se um diagrama de Pareto, simbolizando por meio da cor azul, para versões acima de 0,05% do volume de produção, que pode ser visto na Figura 22.

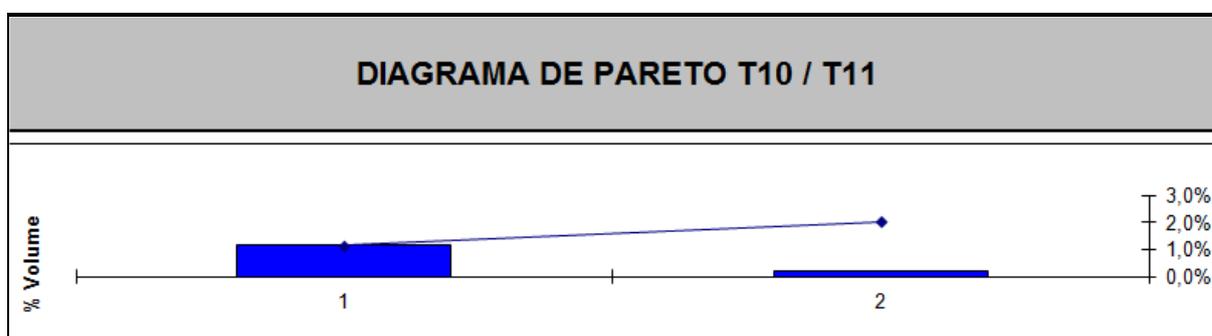


Figura 22 : Diagrama de Pareto da porcentagem de volume do modelo T10 / T11

Fonte: Elaborado pelo Autor

3.12 DIAGNÓSTICO

O presente diagnóstico consiste na apresentação da situação atual do sistema produtivo da empresa, com vista à identificação dos itens críticos bem como o volume de produção quanto à diversidade de versões, conseqüentemente, à variação de peças específicas, na linha de produção. Terá como resultado final a apresentação do estado atual e a sua transição para o estado futuro.

3.12.1 Versões

A situação atual da diversidade de versões produzidas na fábrica consiste no total de 73, sendo que apenas 29 delas contêm uma porcentagem de volume de produção maior que 0,05%, que corresponde a 40% das versões, um número considerado muito baixo.

Utilizando o conceito da curva ABC, conforme descrito por Slack (2008), realizando uma porcentagem acumulativa do volume de cada versão produzida, constata-se que a coluna A representa 80% do volume de produção, correspondente à somente 13 versões; a coluna B representa 15% do volume de produção, correspondente à um total de 16 versões; e a coluna C representa apenas os 5% restantes do volume de produção, que corresponde ao incrível número de 44 versões. Ao analisar melhor esses dados na Figura 23, onde se descreve perfeitamente a correlação da porcentagem de produção com a diversidade de versões produzidas na fábrica de PSA Peugeot Citroën de Porto Real.

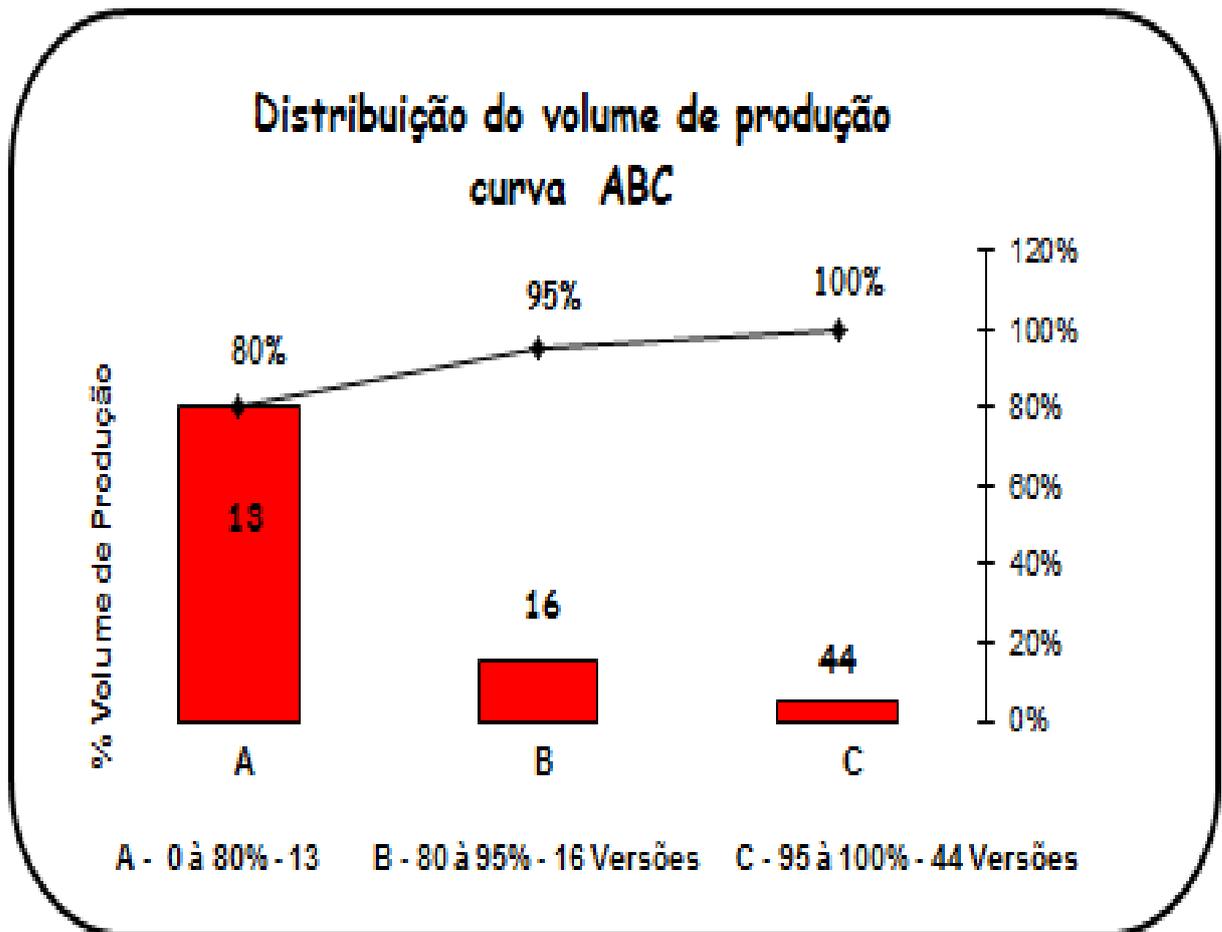


Figura 23 : Curva ABC de versão

Fonte : Elaborado pelo Autor

Portanto, conforme o conceito da curva ABC, questiona-se a real importância da produção das versões classificadas na coluna C, que representa um total de 44 versões.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta fase da dissertação procede-se à apresentação dos resultados decorrentes das observações e estudos realizados sobre a diversidade, quantificando-se os valores que traduzem a realidade nesta linha de produção. Com esta informação, pretende-se avaliar o estado do processo e identificar eventuais aspectos com potencial de melhoria.

4.1 Fatores Relevantes para redução da diversidade

1. Superprodução – Produzir uma grande quantidade de versões de baixo volume, sem demanda no mercado, como realmente acontece principalmente com versões de exportação. Necessidade de programar a demanda de produção de forma mais assertiva, enxutamente e somente o que é necessário no momento.

2. Esperas – Trocas diversificadas e variadas de ferramentas devido à alta complexidade do processo produtivo e às suas diversidades de montagem.

3. Transporte – Movimentos desnecessários de material de versões com baixo volume para a BdL e que não são consumidas, gerando transporte desnecessário.

4. Retrabalho – Devido ao grande número de diversidade de versões e ao baixo volume das mesmas, gera dificuldade e dúvidas no processo de montagem, podendo ocasionar o erro de montagem ou a montagem de uma peça não correta.

5. Inventário – Grande quantidade de material e de estoques existentes no meio da linha de produção, que não atende ao pedido pelo cliente. Gera defeito de montagem devido ao acúmulo de poeira e risco de perda de material.

6. Movimento – Movimentos desnecessários por parte dos operadores, devido às corriqueiras montagens de versões de baixo volume, aos quais os mesmos não estão acostumados. Excesso de peças sem utilização nos postos de trabalho.

7. Defeitos – Produtos finais que não são as especificações dos clientes; falhas operacionais devido ao pouco conhecimento do modo de operação da versão de baixo volume.

4.2 Diversidade de versões

A Tabela 7 relaciona todas as 31 versões dos cinco tipos diferentes de modelos que foram suprimidas.

Tabela 7: Versões suprimidas e suas descrições técnicas

Fonte: Elaborado pelo Autor

Familia	Versões	Descrição Técnica
A8	1CA8A5L6S527A071	A8 - Pack - 1.6 GAS - Manual - Argentina
	1CA8A5F6S555F470	A8 - Presence - Soft - One line - 1.6 Flex - Manual - Brasil
	1CA8A5L7P527A071	A8 - Pack - 1.4 Diesel - Manual - Argentina
	1CA8A5Z6Q527A071	A8 - XTR - 1.4 Gas - Manual - Argentina
	1CA8A5Z7P527A071	A8 - XTR - 1.4 Diesel - Manual - Argentina
N78	1CN8AFE6VL55A810	N78 - Soft - 2.0 Gas - Automatico – Brasil
	1CN8AFE6V527A011	N78 - Soft - 2.0 Gas - Manual - Argentina
	1CN8AFH6VL27A011	N78 - Exclusive - 2.0 Gas - Automatico - Argentina
	1CN8AFH6V555A810	N78 - Exclusive - 2.0 Gas - Manual - Brasil
	1CN8AFE6V555A810	N78 - Soft - 2.0 Gas - Manual - Brasil
	1CN8AFE2X527A011	N78 - Soft - 2.0 Diesel - Manual - Argentina
T30 / T31	1PT3A3D6Q558A012	T30 - 3P - Sensation - 1.4 Gas - manual - México
	1PT3A5U6S558A012	T31 - 5P - XS-Line - 1.6 Gas - manual - México
	1PT3A5D6Q558A011	T31 - 5P - Sensation - 1.4 Gas - manual - México
T32	1PT3C5F6Q528A011	T32 - Presence,Soft, One line - 1.4 Gas - Manual - Importadores
	1PT3C5U2X527A010	T32 XS-Line - 2.0 Diesel - Manual - Argentina
	1PT3C5F6SL28A011	T32 - Escapade - 1.6 Gas - Manual - Argentina
	1PT3C5F6S528A011	T32 - XS-Line - 1.6 Gas - Manual - Importadores
	1PT3C5U6SL28A010	T32 - Presence,Soft, One line - 1.6 Gas - automatico - Importadores
	1PT3C5Z6S528A010	T32 - Presence,Soft, One line - 1.6 Gas - manual - Importadores
	1PT3C5Z6S527A010	T32 - XS-Line - 1.6 Gas - automatico - Importadores
	1PT3C5U6S528A010	T32 - Escapade (T32) - 1.6 Gas - manual - Importadores
T33	1PT3A4U6SL28A010	T33 - XS-Line - 1.6 Gas - Automatico - Importadores 2009
	1PT3A4U6S528A010	T33 - XS-Line - 1.6 Gas - Manual - Importadores
	1PT3A4F6SL28A011	T33 - Presence,Soft, One line - 1.6 Gas - Automatico – Importadores
	1PT3A4F6S528A011	T33 - Presence,Soft, One line - 1.6 Gas - Manual - Importadores
	1PT3A4U2X528A010	T33 - XS-Line - 2.0 Diesel - Manual - importadores
	1PT3A4U6SL28MJ10	T33 - XS-Line - 1.6 Gas - Automático - Chile
	1PT3A4F7H528A011	T33 - XS-Line - 1.6 Gas - Manual – Importadores
	1PT3A4U6S528MJ10	T33 - Presence,Soft, One line - 1.6 Gas - Manual – Chile
	T1	1PT1A526Q555A080
1PT1A326Q555A080		T11 - 5P - EG - 1.4 Flex - Manual – Brasil

A Figura 24 ilustra o impacto de peças que são utilizadas nos veículos de baixo volume do modelo A8 exportação México, cujo mecanismo levanta vidro traseiro era manual. O volume de produção durante todo o ano de 2008 foi de 40 veículos e em 2009 um volume total de 19 veículos e com um custo de estoque estimado em R\$ 30.000,00. Com a supressão desta versão gera-se uma redução de 47m² de área PCP e 8,2m² de área de BdL, impacto na robustez de dois postos de trabalho com a redução de risco de erro de montagem devido à similaridade das peças e supressão de dez peças específicas.

Supressão máquina levanta vidro manual A8 - PP3P001

Manivela



Fechadura porta direita manual



Maquina levanta vidro



Maquina levanta vidro



Figura 24: Supressão máquina levanta vidro

Fonte : Elaborado pelo Autor

A Figura 25 apresenta o impacto de peças que são utilizadas nos veículos de baixo volume do modelo T32 exportação, cuja peça utilizada é a folha de estanqueidade para veículos com alto falante para portas traseiras. Produção inferior a de um veículo por mês, assim, suprimindo essa versão gera-se um ganho de 2,4 m² de área PCP, 0,6m² de área de BdL, impacto na robustez de dois postos de trabalho com a redução de risco de erro de montagem devido à similaridade das peças e risco de entrada de água por contaminação do cordão de cola ocasionado pelo acumula de poeira.

Folha estanqueidade - T32 c/alto falante porta tras. PP08D

Porta traseira direita -



Porta traseira esquerda -



Figura 25: Supressão folha de estanqueidade

Fonte : Elaborado pelo Autor

A Figura 26 mostra o impacto de BdL das duas grapas do insono muito similares que são utilizadas nos veículos de baixo volume do modelo A8 e T3, e muitas vezes ocorriam erros de montagem devido a similaridade das peças e estarem no mesmo posto de montagem. O volume de Produção era menor que um veículo por semana. Estima-se um custo de estoque em torno de R\$ 1.200,00. Com a supressão desta versão gera-se uma redução de 47m² de área PCP e 8,2m² de área de BdL, impacto na robustez de dois postos de trabalho com a redução de risco de erro de montagem devido à similaridade das peças e supressão de dez peças específicas.

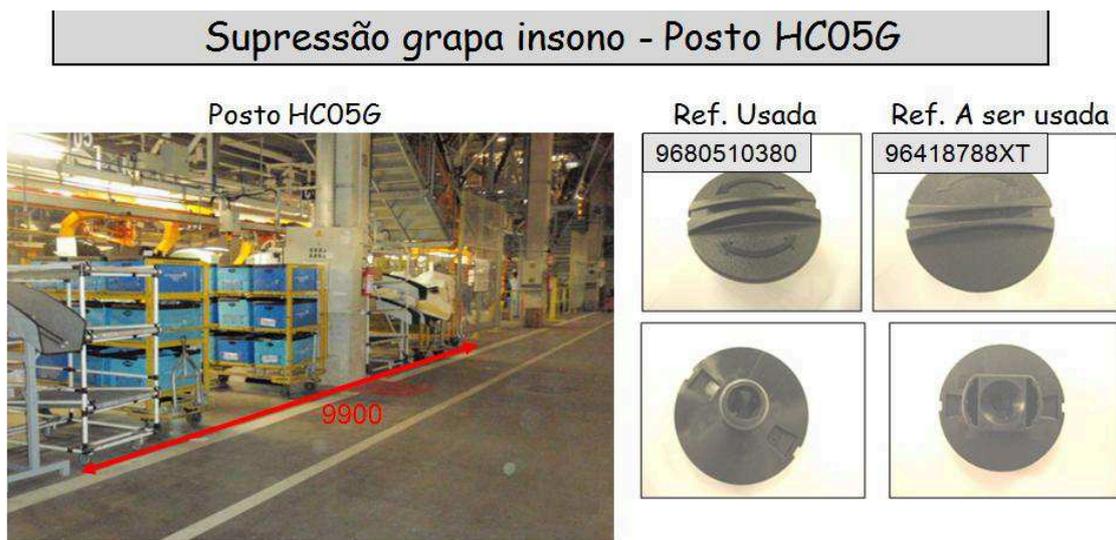


Figura 26: Supressão grapa do insono

Fonte : Elaborado pelo Autor

A Figura 27 ilustra o impacto de peças que são utilizadas nos veículos de baixo volume do modelo T3. Nesse caso é uma montagem do computador da caixa inteligente, do qual os erros de montagem eram grandes, gerando grande impacto no final do processo e um tempo de retrabalho de mais de uma hora. As peças eram muito similares, porém a diferença era que uma tinha um fusível a mais para a função de farol de neblina. Os veículos T3 sem farol de neblina, pertencem ao grupo de versões de baixo volume que proporciona uma produção inferior a quatro veículos por semana, assim, reduzindo essa versão gera-se um ganho de 8 m² de área PCP, 2,4m² de área de BdL, impacto na robustez de um posto de trabalho com a redução de risco de erro de montagem devido à similaridade das peças, eliminação de duas peças específicas e uma redução de R\$ 30.000,00 por ano em compra de peças.



Figura 27: Supressão Calculador BSM

Fonte : Elaborado pelo Autor

A Figura 28 ilustra o impacto de ferramentas no posto 18 do HC1 do qual eram utilizadas cinco ferramentas e com a supressão das 31 versões de baixo volume, reduz-se a utilização de duas delas, gerando ganhos de deslocamento de 0,15 minutos por veículo, reduzindo o custo em R\$ 10.000,00 ao evitar a compra de uma nova ferramenta e impacto na robustez de um posto de trabalho com a redução de risco de erro de defeito de qualidade na utilização de torques errado em determinada operação devido à grande similaridade de torques e ferramentas.

Supressão de versões - Ferramenta posto HC18D

ANTES



DEPOIS



Figura 28: Supressão ferramenta

Fonte : Elaborado pelo Autor

A Figura 29 ilustra o impacto de parafusos no posto de remontagem de portas do qual eram utilizadas três parafusos para a mesma operação em modelos distintos e com a supressão das 31 versões de baixo volume, pode-se suprimir duas dessas referências, o que gera-se um ganho de 2,4 m² de área PCP, 0,8 m² de área de BdL e impacto na robustez de um posto de trabalho com a redução de risco de erro de montagem devido a similaridade das peças.

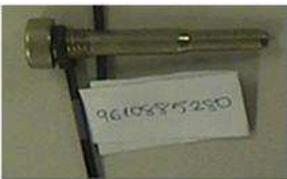
Parafusos remontagem de portas Tx - MV376G			
Remtg de portas	9610885280 - N78	9646965080 - T1/T3 porta diant	9646916880 - T1/T3 porta tras
			
Características	parafuso parcialmente rosqueado comprimento L50	parafuso parcialmente rosqueado parafuso c/ adesivo auto-travante comprimento L50	parafuso parcialmente rosqueado parafuso NOIR comprimento L50
Posto	2HC1A08G 2HC1A08D	1MV3C76G 1MV3C77D	1MV3C76G 1MV3C77D
Função	Remtg porta diant N78 (28Nm)	Remtg porta diant T1/T3 (27,13Nm)	Remtg porta tras T1/T3 (27,13Nm)
Preço	R\$ 0,16	R\$ 0,30	R\$ 0,24
Proposta	Utilizar referência 9610885280 pois é a de menor preço.		
Ganho anual	Com a comunização das referências 9646965080 e 9646916880 pela referência 9610885280 teremos um ganho anual de R\$ 51 744.		

Figura 29: Supressão parafuso

Fonte : Elaborado pelo Autor

A Figura 30 ilustra o impacto da supressão de peças na BdL, e o segmento do 5S, priorizando a seleção de se ter no posto de trabalho o que realmente é necessário, assim ganhando redução de espaço na BdL de 3,4 m².



Figura 30 : Fotos 5S (Antes e Depois)

Fonte : Elaborado pelo Autor

A Figura 31 ilustra o impacto da supressão de peças na BdL, e o segmento do 5S, priorizando a organização dos materiais no carrinho móvel que foi possível desenvolver após a redução de peças, assim gerando redução de deslocamento em 42% e ganho de espaço na BdL de 4,0m².



Figura 31: Fotos 5S e redução de tempo

Fonte : Elaborado pelo Autor

Assim, pode-se resumir que o trabalho de redução de versões gerou um resultado muito satisfatório e evidenciou o grande desperdício que estava sendo gerado com a manutenção de versões de baixo volume. Os ganhos gerados com a supressão das 31 versões foram:

- 256 peças suprimidas da PSA
- 2139,7 m² de área de estocagem
- 120,5 m² de área de BdL
- R\$ 1.904.170,00 custo de peças estocadas sem utilização

5. CONCLUSÕES

De acordo com o objetivo desta dissertação, identificar, analisar e eliminar os desperdícios no setor produtivo, focando a diversidade de versões nas linhas de montagem 1 e 2, onde muitas vezes esses desperdícios passavam despercebidos dentro do processo produtivo, estas foram alcançadas.

A princípio, os 73 modelos de versões na linha de produção não eram vistos como um problema, mas sim como uma necessidade do mercado. Pode-se observar com este estudo que determinadas versões de veículos não tinham saída no mercado ou atingiam a um público bastante reduzido, praticamente insignificante, gerando um volume muito pequeno de veículos. Os resultados mostram que a complexidade no processo produtivo aumenta consideravelmente com a manutenção dessas versões. Percebeu-se, então, que poderia ser vantajoso para a organização eliminar essas versões do processo produtivo.

Após o estudo detalhado do volume de produção e o impacto que cada versão gerava no processo produtivo conseguiu-se mostrar que manter versões com volume inferior a 0,05% do volume total era um grande desperdício para a empresa. Portanto, justificou-se perante aos setores de marketing, engenharia, planejamento e, principalmente, o setor produtivo, que a supressão de 31 versões eram de grande importância para empresa.

O maior benefício dessas supressões foi o impacto na melhoria de qualidade, gestão de estoque, organização da borda de linha, redução da possibilidade de erro do operador e peças fora da validade de uso, proporcionando também o aumento da produção de versões mais solicitadas pelo mercado.

Mostrou-se também que com a utilização do conceito de Lean Manufacturing, foi fundamental para o sucesso do estudo, possibilitando a sua aplicação na totalidade dentro do processo produtivo, gerando grande satisfação dentro da empresa.

Conclui-se que o trabalho realizado na PSA Peugeot Citroen foi extremamente proveitoso para o enriquecimento pessoal e profissional do candidato,

contribuindo de forma clara para a sua formação e gerando uma grande contribuição para a empresa estudada.

5.1 ESTUDO FUTURO

Como oportunidade, após o estudo e a aplicação desta dissertação, fica a perspectiva de reduzir mais ainda a diversidade no processo produtivo ao estudar o desenvolvimento de um projeto de base veicular, cuja solução seria uma mesma base de montagem, gerando impacto somente visual ao cliente, porém a estrutura mecânica seria exatamente igual para qualquer tipo de veículo, garantindo uma estabilidade maior ao processo e uma redução drástica da complexidade no processo produtivo.

Outra possibilidade de estudo, seria uma maior interação com o fornecedor, isto é, desenvolvê-los e forçá-los a reduzir os seus desperdícios, assim gerando produtos de melhor qualidade e menor preço.

REFERÊNCIAS

ABDULMALEK, Fawaz A.; RAJGOPAL, Jayant. **Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: a process sector case study.** *International Journal of Production Economics*. 2007.

AL-ARAIDAH, O., JARADAT, M.A.K., BATAYNEH, W., 2010. **Using a fuzzy Poka-Yoke based controller to restrain emissions in naturally ventilated environments.** *Expert Systems with Applications* 37 4748-4795, 2010.

BADIRU, A. B. ; AYENI, B. J. **Practitioner`s guide to quality and Process Improvement.** London : Chapman & Hall, 1993.

BERTHOLEY, F.; BOURNIQUEL, P.; RIVERY, E.; COUDURIER, N.; FOLLEA, G.; 2009. **Méthodes d`amélioration organisationnelle appliquées aux activités des établissements de transfusion sanguine (ETS): Lean Manufacturing, VSM, 5S**". *Transfusion Clinique et Biologique* 16 93-100, 2009.

BHAGWAT, N.V. **Balancing a U-Shaped Assembly Line by applying Nested Partitions Method.** Iowa State University, Ames, Iowa, 2005.

BOCCI, G. S. **Gestão por processos e Lean Manufacturing Associada a controles estatísticos de processo online em uma industria de produtos empanados a base de frango.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Santa Maria, RS. 2007.

CAKMAKCI, M. **Process improvement: Performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry.** Engineering Faculty Industrial Engineering Department, Dokuz Eylul University, Bornova, 35100 Izmir, Turkey, 2008.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-a-Dia.** 1994.

CHAN, F. **Simulation Analysis of maintenance Polices in a flow line production system,** 2001.

DEMING, W. E. **Out of the Crisis.** Cambridge, Massachusets : MIT/CAES, 1982.

DEMING, W. E. **Qualidade : A revolução da Administração.** Rio de Janeiro, RJ : Marques Paiva, 1990.

FERNANDES, A. http://www.bdt.d.unitau.br/tesesimplificado/tde_arquivos/5/TDE-2012-09-12T114836Z-204/Publico/Andre%20Hernandes.pdf. Acessado em 25/10/2012.

HENRIQUES, E. **Lean Manufacturing**. Instituto Superior Técnico. Lisboa, 2010.

HICKS, B.J. **Lean information management: Understanding and eliminating waste**. International Journal of Information Management 27 233-249, 2007.

HOLWEG, M. **The genealogy of lean production**. Journal of Operations Management 25 (2007) 420-437, 2006.

http://1.bp.blogspot.com/_JHsGyROhv9E/TJYwFiCGmjI/AAAAAAAAAFQ/pvMs6JsGahw/s1600/FIG+0.jpg. Figura Melhoria Contínua. Acessado em 29/09/2012

IMAI M. **Kaizen a Estratégia para o Sucesso Competitivo**. São Paulo, SP IMAM, 1990.

ING. L'UBICA KOVACOVA, 2012

<http://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/22-2012/pdf/193-197.pdf>. Acessado em 01/11/2012.

KOKUDAI, H. **Kamishibai**. <http://www.slideshare.net/HiroakiKokudai/apresentao-kamishibai-em-pdf> . Acessado em 05/11/2012.

LAGE, M.; GODINHO, M. **Variations of the kanban system: Literature review and classification**". Int. J. Production Economics 125 13-21, 2010.

LEITE, J. F-16MLU – **Melhoria da Qualidade do Processo de Modificação**. Dissertação (Mestrado), IST/UTL, AFAP, Lisboa, 2008.

LIAN, Y.; LANDEGHEM, H.V. **An application of simulation and value stream mapping in lean manufacturing**. Department of Industrial Management, Ghent University, Technologiepark, 903, B-9052, Ghent, Belgium, 2002.

MELTON, T. **The Benefits of Lean Manufacturing, What Lean Thinking has to Offer the Process Industries**. MIME Solutions Ltd, Chester, UK, Junho 2005.

PARRIE, J. **Minimize waste with the 5S system.** Artigo em http://www.pfmproduction.com/pdfs/PFMP_Spring07/PFMP_Spring07_Waste.pdf. PFM Production, Primavera, 2007. Acessado em 10/11/2012.

RIEZEBOS, J.; KLINGENBERG, W.; HICKS, C., 2009. **Lean Production and information technology: Connection or contradiction?**. Computers in Industry 60 237-247, 2009.

SHAH, R.; WARD, P. **Defining and developing measures of lean production.** Journal of Operation Management v25, p785 – 805, 2007.

STRATEGOS, Inc. **Just in Time, Toyota Production & Lean Manufacturing, Origins & History of Lean Manufacturing.** 3916 Wyandotte, Kansas City Missouri, 64111 – 816.931.1414, 2001.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** 2ª edição. São Paulo: Atlas, 2002.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.; BETTS, Alan. **Gerenciamento de operações e de processos.** 1ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2008.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos,** 1995.

WOMACK, Jim ; BAYMA, João. **Kaizen Express - Fundamentos para a sua Jornada Lean,** 2011.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

<http://engenhariadeproducaoindustrial.blogspot.com.br/2010/12/metodologia-kamishibai.html>. Kamishibai, Acessado em 19/11/2012.