

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

FABIO ZANGUETTIN PEREIRA

**ANÁLISE DE MELHORIA CONTÍNUA NA PREPARAÇÃO DE KIT EM UMA
FÁBRICA DE MOTORES**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2018

FABIO ZANGUETTIN PEREIRA

**ANÁLISE DE MELHORIA CONTÍNUA NA PREPARAÇÃO DE KIT EM UMA
FÁBRICA DE MOTORES**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Mecânica da Coordenação de Engenharia Mecânica – COEM – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. PhD Douglas da Costa
Ferreira

Coorientador: Prof. PhD Gilson Adamczuk
Oliveira

PATO BRANCO
2018

FOLHA DE APROVAÇÃO

Análise de Melhoria Contínua na Preparação de Kit em uma Fábrica de Motores

Fabio Zanguettin Pereira

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado no dia 15/06/2017 como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Mecânico, do curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco (UTFPR-PB). O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora julgou o trabalho APROVADO.

Prof. Dr. Fernando José Avancini Schenatto
(UTFPR – Departamento de Elétrica)

Profa. Dra. Maria Nalu Verona
(UTFPR – Departamento de Mecânica)

Prof. Msc. Roberto da Costa
(UTFPR – Departamento de Mecânica)

Prof. PhD Gilson Adamczuk Oliveira
(UTFPR – Departamento de Mecânica)
Coorientador

Prof. PhD. Douglas da Costa Ferreira
(UTFPR – Departamento de Mecânica)
Orientador

Prof. Dr. Paulo Cezar Adamczuk
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Mecânica

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho, à minha família, base de meu conhecimento e sabedoria. Ao meu pai, pelos ensinamentos de gratidão, humildade e de nunca esquecer as minhas origens. À minha mãe, minha fortaleza e farol, pelos ensinamentos de tenacidade e resiliência. À minha irmã, fonte de minha inspiração. Ao meu irmão, companheiro de caminhada, por me dar suporte em momentos difíceis. Ao meu tio, por ensinar a perseverança. À pessoa que escolheu ficar ao meu lado, por me entender em situações de angústias e dividir momentos de conquistas. Ao amigo, que se tornou irmão, por aconselhar na minha profissão. Aos meus amigos de Pompeia, por sempre estarem comigo nas horas de medo e horas de alívio. Aos meus amigos de Pato Branco, por me auxiliar nos estudos e pelo conforto nas horas de saudades de casa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, instituição que me acolheu e foi capaz de prover estrutura sólida de ensino. Em específico, agradeço o Departamento de Engenharia Mecânica, aos professores sem exceções e a todos que de alguma forma me fizeram absorver os conhecimentos necessários para o desempenho de minhas funções juntamente com os princípios da ética.

A h7 – Pesquisa & Desenvolvimento Empresa Júnior de Mecânica. Instituição que me forneceu profundos aprendizados e experiências.

Agradeço a equipe *Kaizen* da empresa estuda, equipe que me mostrou profundamente a filosofia *lean*, que vai além do sistema de produção, mas como uma forma de sempre continuar buscando a melhoria pessoal. Agradeço aos meus colegas de empresa por ter me auxiliado em minha carreira profissional.

Agradeço a Fundação Araucária e a empresa parceira por ter me dado a oportunidade de concluir minha iniciação científica voltada para o *Lean*.

Agradeço ao meu professor coorientador PhD Gilson Adamczuk de Oliveira por ter me iniciado nos estudos de *Lean Product Development* e por ter acreditado em mim, desde o primeiro momento.

E por fim, agradeço ao meu professor orientador PhD Douglas da Costa Ferreira por ter dado continuidade aos ensinamentos de *Lean Manufacturing*. Agradeço por ter me dado a oportunidade de realizar a minha iniciação científica, que deu origem a esse trabalho. Agradeço pelas orientações profissionais e pessoais.

RESUMO

ZANGUETTIN, Fabio P. Análise de Melhoria Contínua na Preparação de Kit em uma Fábrica de Motores. 2018. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

O setor automotivo possui grande competitividade e a redução de custos de produção é importante para manter-se no mercado. Utilizando do pensamento *lean*, os desperdícios podem ser reduzidos e a produtividade aumentada. Este estudo possui a finalidade de analisar a utilização do conceito *Kaizen* em uma área de preparação de *kit*, juntamente com outras ferramentas do pensamento *lean*. O estudo foi realizado em uma fábrica de motores de um grupo multinacional automotivo, localizado no Brasil. Este estudo pode evidenciar uma redução de 45% nos deslocamentos na área de *picking*, um aumento de 33% em valor agregado e a redução de 7 para 5 operadores, utilizando de soluções simples e com baixo custo.

Palavras-chave: Manufatura *Lean*. Pensamento *Lean*. *Kaizen*. Industria Automotiva. *Kitting*.

ABSTRACT

ZANGUETTIN, Fabio P. Continuous Improvement for Kitting in an Automotive Engine Factory. 2018. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

The automotive sector has great competitiveness and the reduction of production costs is important factor for companies to remain in the market. Using lean thinking, waste can be reduced, and productivity increased, consequently reducing production costs. This study aims to analyze the use of the Kaizen concept in a kit preparation area, along with other lean thinking tools in a kit preparation area of an engine factory that is part of a multinational automotive industry located in Brazil. The study was carried out in an engine factory of a multinational automotive group. This study shows a reduction of 45% in the picking area, a 33% increase in value added and the reduction of 7 to 5 operators, using simple and low cost solutions.

Keywords: Lean Manufacturing. Lean Thinking. Kaizen. Automotive Industry. Kitting.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Os setes desperdícios de Ohno e Shingo.....	21
Figura 2 - Redução do nível de água para surgimento dos problemas.....	23
Figura 3 - Princípios do pensamento Lean	24
Figura 4 - A organização e seus clientes.....	26
Figura 5 - A casa da Toyota por Ohno.....	27
Figura 6 - Conceito de melhoria contínua	29
Figura 7 - Gerenciamento para melhoria.....	33
Figura 8 - Diagrama de Pareto.....	34
Figura 9 - Diagrama de causa e efeito.....	35
Figura 10 - Análise do ciclo de trabalho.....	36
<i>Figura 11 - Diagrama de deslocamento.....</i>	<i>37</i>
Figura 12 - Relatório A3	38
Figura 13 - Esquema borda de linha	41
Figura 14 - Esquema kit estacionário.....	43
Figura 15 - Esquema kit viajante.....	43
Figura 16 - Picking único.....	44
Figura 17 - Múltiplos picking	44
Figura 18 - Picking com apenas um picker	45
Figura 19 - Picking sequencial, com mais de um pickers	46
Figura 20 - AGV transportando kit.....	46
Figura 21 - Exemplo de uma caixa kit.....	47
Figura 22 - Esquemático da linha de montagem de motores e área picking.....	49
Figura 23 - Formato do Kaizen 2 dias.....	52
Figura 24 – Formulário de sequenciamento de operações	55
Figura 25 - Formulário de contagem de passos.....	56
Figura 26 - Formulário de levantamento dos desperdícios	57
Figura 27 - Formulário de levantamentos das operações não cíclicas.....	57
Figura 28 - Gráfico das operações não cíclicas.....	58
Figura 29 - Formulário de análise das sequências operacionais	59
Figura 30 - Formulário de análise das reconduções sequências operacionais.....	59
Figura 31 - Formulários preenchidos e expostos.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção Mundial de Veículos por Montadora (mil unidades)	17
Tabela 2 - Produção Veículos em 2000 e 2014 (mil unidades)	19
Tabela 3 - Produção Veículos em 2017 (mil unidades)	20
Tabela 4 - Dados coletados no pré-kaizen.....	55
Tabela 5 - Dado coletados após a realização dos eventos Kaizen.....	68

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Tempos de ciclo da área picking antes do evento Kaizen	54
Gráfico 2 - Tempos de ciclo da área picking depois dos eventos Kaizen	65
Gráfico 3 - Evolução da agregação de valor nas atividades	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1.0l	1000 cc
3T	Trabalho instruído, Método de Trabalho e Relação de Trabalho
4M	Máquina, Mão-de-obra, Método, Materiais
5S	<i>Seiri, Seiton, Seisou, Seiketsu, Shitsuke</i>
8M	Meio-ambiente, Máquina, Mão-de-obra, Método, Materiais, Medição, Management
AGV	<i>Automated Guide Vehicle</i>
BRICS	Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
cmin	centiminuto
JIT	<i>Just-in-Time</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
NVA	<i>Not add Value Activitie</i>
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
PIB	Produto Interno Bruto
STP	Sistema Toyota de Produção
Tcy	Tempo de ciclo
TWI	<i>Trainneing Within Industy</i>
VA	Valor Agregado
ZQC	<i>Zero Quality Control</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Objetivo Geral.....	14
1.1.2	Objetivos Específicos	14
1.2	JUSTIFICATIVA	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	INDÚSTRIA AUTOMOTIVA.....	17
2.2	LEAN MANUFACTURING.....	20
2.3	KAIZEN.....	27
2.3.1	Ferramentas de Qualidade e Produção.....	33
2.3.2	Linha de Montagem	39
2.3.2.1	Kitting.....	41
3	MATERIAIS E MÉTODOS	48
3.1	FÁBRICA E ÁREA DE PICKING	48
3.2	EVENTO KAIZEN	50
3.3	INDICADORES.....	60
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	62
4.1	TEMPO DE CICLO.....	63
4.2	VALOR AGREGADO.....	65
4.3	DESLOCAMENTO DOS OPERADORES.....	66
4.4	NÚMERO DE OPERADORES	67
4.5	ÁREA DISPONÍVEL	67
4.6	DEMAIS ANÁLISES	68
5	CONCLUSÃO.....	69
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	70

1 INTRODUÇÃO

O setor automotivo é formado por poucas e grandes corporações em escala mundial. A alta competitividade é uma das principais características do setor, por possuir um período relativamente pequeno de desenvolvimento, ou lançamento, de novos produtos. Deste modo, a indústria automotiva é considerada a pioneira em estudar os sistemas produtivos. Cada fabricante de veículos possui o seu sistema produtivo, que possui a função de aumentar a rentabilidade dos serviços e produtos ofertados. A constante busca de aumento de rentabilidade converte-se em aumento de produtividade e entrega de serviços e produtos com os requisitos dos clientes. A produção em larga escala é uma característica da indústria automotiva e o seu processo produtivo deve ser monitorado constantemente.

O setor automotivo representou, em 2016, 22% do PIB industrial no Brasil. Devido ao desdobramento de sua cadeia, é considerado um dos setores de maior importância da indústria nacional. (MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E COMÉRCIO, 2018). Segundo International Organization of Motor Vehicle Manufactures (2018), o Brasil ocupa a 9ª posição em veículos produzidos com 2,7 milhões em 2017, possuindo 2,8% do total de veículos produzidos no mundo. Alguns países, anteriormente sem grande participação na de fabricação de automóveis, agora possuem grande participação. Em 2017 os BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) possuíam 39,7% na produção mundial de automóveis (SARTI; BORGHI, 2015; INTERNATIONAL ORGANIZATION OF MOTOR VEHICLE MANUFACTURES, 2018).

Visando atender as necessidades dos clientes, Eiji Toyoda e Taichi Ohno começaram a entender melhor as necessidades nos anos 1950 o Japão pós-guerra. Na década de 90, Womack e Jones empregaram pela primeira vez o *Lean* no livro “*The machine that Changed the World*”. Nesse livro é descrito o sistema de produção enxuta, conhecido como *Lean Manufacturing*. O movimento que iniciou com a manufatura de automóveis ramificou para outras áreas, como construção civil, saúde, *software*, processos de desenvolvimento de produtos e outros setores, dando origem ao termo *Lean Thinking*. (WOMACK; JONES; ROOS, 1992; OHNO, 1997; JASTI, 2009).

Diversas indústrias migraram do sistema empurrado ou produção em massa (inicialmente criado por Henry Ford) para o sistema puxado a partir da década de 90, sendo a primeira a indústria automotiva. Com enfoque em aumentar a produtividade e entregar serviços e produtos de qualidade para os clientes, a redução de custo é cada vez mais explorada pelos sistemas de produção.

Algumas ferramentas e princípios do pensamento lean são empregadas para redução de desperdícios como: *Kaizen* (Melhoria Contínua), *Just-in-Time*, fluxo contínuo de produção, trabalho padronizado, manufatura celular, 5S, produção puxada, *Heijunka* (nivelamento de carga de trabalho), *Jidoka* (autonomia), gestão visual, mapeamento de fluxo de valor e *Poka-Yoke* (à prova de falhas). Dentre os princípios, o *Kaizen* possui uma importância singular na redução de custo.

O princípio *Kaizen* é o ponto inicial de mudança cultural na organização. Assim, a mudança atinge diferentes níveis organizacionais, desde o chão-de-fábrica até a alta gerência, conforme estudos de casos relatados no livro “O Modelo Toyota de Melhoria Contínua” de Liker e Franz (2013).

Nessa pesquisa-ação, o local foi em uma fábrica de motores, onde a necessidade de redução de custos motivou a utilização da ferramenta *Kaizen* em uma área de preparação de *Kit* para os motores. Esse trabalho descreve como foi abordada a ferramenta, os benefícios e os desafios da utilização.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a aplicação do conceito *kaizen* em uma preparação de *kits* em linha de montagem de motores de uma fábrica de motores.

1.1.2 Objetivos Específicos

- (i) Analisar o evento *kaizen* em uma área de picking;
- (ii) Listar e analisar as ferramentas utilizadas no evento de melhoria;

(iii) Analisar as melhorias no evento na área de picking.

1.2 JUSTIFICATIVA

O presente estudo possui a justificativa fundamentada no auxílio em redução de custo de produção de motores. Sabendo que o motor de um veículo de passeio possui uma grande parcela no custo final do veículo, a importância de estudar diferentes maneiras de redução de desperdícios fica evidente para a competitividade no mercado de veículos.

Segundo o relatório anual realizado pela ANFAVEA (2018), o setor automotivo é composto por fabricantes de automóveis e fabricantes de máquinas agrícolas e rodoviárias, sendo que 23 fabricantes de automóveis (automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus) estão no mercado brasileiro. A região sul é segunda em volume de veículos fabricados, sendo a primeira a sudoeste do Brasil. Em 2016, o faturamento líquido de automóveis foi US\$ 41,336 bilhões, possuindo a melhor marca em 2011, com US\$ 93,566 bilhões. O tributo sobre os automóveis em relação ao preço ao consumidor final em 2017 foi de 30,4%, justificando uma estratégia de redução de custos, pois 69,6% do valor do veículo é custo e lucro para as fabricantes.

O motor à combustão interna é o mais utilizado nos veículos fabricados para uso comercial. A montagem do motor é realizada em uma linha fora da linha de montagem principal do veículo. Em muitas montadoras de veículos, o motor é montado em outra fábrica, sendo entregue de forma que cada motor esteja alinhado com a sequência de produção dos veículos. Seguindo a diretriz de redução de custo e oferta de diferentes configurações de veículos, as linhas de montagem de motores são, em sua grande maioria, do tipo montagem de modelo misto para estoque, ou seja, os motores são produzidos em lotes pequenos e posteriormente estocados. A demanda é puxada pelo cliente, e os motores são entregues conforme a sequência especificada do cliente (THOMOPOULOS, 2014).

As linhas de montagem possuem a finalidade transformação de diferentes componentes em um produto acabado. As entradas de componentes possuem uma importância na eficiência da linha de montagem, pois devem ser entregues na quantidade, momento, forma e sequência correta no posto de montagem. Deste

modo, alguns componentes são entregues por meio de *kit*. Os *kits* são, geralmente, caixas de componentes que acompanham o produto na linha de montagem. Nessas caixas estão os componentes que devem ser montados no produto, assim os espaços nas bordas de linha são diminuídos e os deslocamentos de pega dos componentes. O objetivo é retirar os desperdícios da linha de montagem, porém os desperdícios (NVA) são deslocados para trás no fluxo de montagem, indo para uma área de preparação das caixas *kits*.

Esse trabalho possui a finalidade de estudar as ferramentas do *Lean Thinking* em uma área de preparação de caixas kit em uma fábrica de motores, onde a necessidade de redução de custos motivou a utilização da ferramenta *Kaizen*. Neste trabalho mostra as ferramentas utilizadas e a forma que foram empregadas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

O setor automotivo é caracterizado por um mercado concentrado em grandes corporações que correspondem pela maior parte da produção de veículos. A busca por uma maior participação do mercado faz com que essas corporações adotem políticas em desenvolvimento da qualidade dos serviços e produto ofertados, possuindo um papel decisivo na dinâmica de inovações nos produtos. Sarti e Borghi (2015) descrevem em seu trabalho que a grande maioria das montadoras, em média, dobraram o volume produzido em 15 anos, representado na Tabela 1.

Tabela 1 - Produção Mundial de Veículos por Montadora (mil unidades)

	2000	2010	2016
Toyota	5.955	8.557	10.213
Volkswagen	5.107	7.341	10.126
General Motors	8.133	8.476	7.793
Hyundai	2.488	5.765	7.889
Ford	7.323	4.988	6.429
Nissan	2.629	3.982	5.556
Fiat	2.641	2.410	4.681
Honda	2.505	3.643	4.999
Suzuki	1.457	2.893	2.945
PSA	2.879	3.606	3.152
Renault	2.515	2.716	3.373
BMW	835	1.481	2.359

Fonte: Adaptado de Sarti e Borghi (2015)

A partir da década de 90, as fabricantes asiáticas possuíram uma participação expressiva no mercado mundial, focando em uma gestão de produção e de qualidade focada no cliente. Entre as dez maiores em produção de veículos, cinco são asiáticas. As fabricantes europeias e as americanas que possuíam um mercado consolidado, perderam mercado e conseqüentemente precisaram inovar para recuperar a fatia do mercado (SARTI, BORGHI; 2015).

Um dos grandes desafios das montadoras tradicionais são as indústrias chinesas e indianas. Utilizando do custo baixo em mão de obra e equipamentos, essas indústrias de veículos são compostas por “pequenas” montadoras que atualmente

conquistam uma parcela considerável no mercado. Com essa dinâmica, as montadoras tradicionais levaram suas fabricas para a China e Índia (SARTI, BORGHI; 2015).

A partir dos anos de 2010, o mercado é redistribuído. A produção de veículos descentraliza da Europa, Estados Unidos e Japão, e passa para os BRICS, formados por Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul. Segundo Sarti e Borghi (2015), os países emergentes contribuíram para o crescimento do setor de forma expressiva (Tabela 2). Os BRICS foram responsáveis por 87% do crescimento do setor, sendo o Brasil responsável por 6,7% do total. A política de descentralização, aumentou a produção brasileira em 88,3% de 2000 a 2014, possuindo uma grande expressividade na produção de veículos na América do Sul.

Tabela 2 - Produção Veículos em 2000 e 2014 (mil unidades)

País e região	2000	[%]	2014	[%]	Taxa de crescimento 2000 - 2014 [%]	Contribuição ao crescimento 2000 - 2014 [%]
Europa	20.275	34,7	20.631	22,9	1,8	1,1
Alemanha	5.527	9,5	5.907	6,6	6,9	1,2
América	19.775	33,9	21.219	23,6	7,3	4,6
Nafta	17.699	30,3	17.419	19,4	-1,6	-0,9
México	1.935	3,3	3.365	3,7	73,9	4,5
Estados Unidos	12.800	21,9	11.660	13	-8,9	-3,6
América do Sul	2.076	3,6	3.799	4,2	83	5,5
Brasil	1.671	2,9	3.146	3,5	88,3	4,7
Ásia-Oceania	17.928	30,7	47.360	52,7	164,2	93,3
China	2.069	3,5	23.723	26,4	1.046,60	68,6
Japão	10.144	17,4	9.775	10,9	-3,6	-1,2
Coreia do Sul	3.115	5,3	4.525	5	45,3	4,5
África	317	0,5	720	0,8	127	1,3
Total	58.374	100	89.931	100	54,1	100
Memo:						
BRICS	5.739	9,8	33.170	36,9	478	86,9
Brasil	1.671	2,9	3.146	3,5	88,3	4,7
Rússia	1.203	2,1	1.895	2,1	57,6	2,2
Índia	796	1,4	3.840	4,3	382,3	9,6
África do Sul	357	0,6	566	0,6	58,5	0,7
China	2.069	3,5	23.723	26,4	1.046,60	68,6
Total	58.374	100	89.931	100	54,1	100

Fonte: Adaptado de Sarti e Borghi (2015)

Ocupando a nona posição em produção mundial de veículos em 2017 e primeira em produção na América do Sul, com 2,8% da produção mundial (Tabela 3). A indústria automotiva brasileira é formada pela produção de automóveis, comerciais leves (camionetes), caminhões, ônibus, implementos agrícolas e rodoviários e pela indústria de autopeças. Segundo a ANFAVEA (2018), a indústria de motocicletas não se enquadra como indústria automotiva. As indústrias são distribuídas pelo país e possui a grande parte nas regiões sudeste e sul, sendo a região sul a segunda com maior participação com 18,5% do total produzido no país.

Tabela 3 - Produção Veículos em 2017 (mil unidades)

Pais	Veículos	Participação do mercado [%]
China	29.015	29,8%
Estados Unidos	11.190	11,5%
Japão	9.694	10,0%
Alemanha	5.646	5,8%
Índia	4.783	4,9%
Coreia do Sul	4.115	4,2%
México	4.068	4,2%
Espanha	2.848	2,9%
Brasil	2.700	2,8%
França	2.227	2,3%
Canadá	2.200	2,3%
Tailândia	1.989	2,0%
Reino Unido	1.749	1,8%
Turquia	1.696	1,7%
Rússia	1.551	1,6%

Fonte: AFAVEA (2018)

2.2 LEAN MANUFACTURING

Inicialmente chamado de Sistema de Produção Toyota (STP), a produção puxada foi estudada por Taichi Ohno no Japão. Ohno era engenheiro da Toyota e já estudava a indústria automotiva juntamente com o presidente da Toyota, Eiji Toyoda. A Toyota começou como uma fabricante de equipamentos têxteis no Japão e posteriormente iniciou a produção de caminhões para a Segunda Guerra Mundial. Com o final da guerra, o Japão encontrava-se em um contexto de economia em recessão e equipamentos de manufatura antigos. A empresa estava passando por diversas dificuldades e teve que diminuir o número de funcionários, com a greve dos trabalhadores o presidente pediu demissão e fez um acordo de estabilidade de emprego com os funcionários. Nesse contexto, a Toyota necessitou melhorar o seu sistema de produção, que era baseado na produção em massa. Nos anos 50, um operário americano equivalia a três operários chineses, e um operário chinês equivalia a três operários japoneses. Assim a Toyota necessitava de um sistema para competir com as montadoras americanas que possuíam a característica de produção de grandes volumes e pouca variedade, razão dos modelos T da Ford serem todos pretos. A realidade da Toyota era de pouco volume e com grande variedade de

produtos, porém sem a utilização de grandes investimentos (WOMACK; JONES; ROOS, 1992; OHNO, 1997; LIKER, 2005; JASTI, 2009).

As restrições na indústria japonesa eram: mercado doméstico pequeno e limitado; leis trabalhistas mais robusta; economia em recessão e mercado exterior mais avanço (WOMACK; JONES; ROOS, 1992). Eiji em sua visita a Detroit, constatou que a produção em massa não se aplicava a Toyota. Nas “três grandes” (Ford, Chevrolet e Chrysler) os desperdícios (*mudas*) eram evidentes, porém como os lucros eram bons, os desperdícios não possuíam atenção. Para a realidade da Toyota, os desperdícios deveriam possuir uma atenção maior, assim Ohno propôs a equação: Capacidade atual = Trabalho + Desperdícios. Associando trabalho aos operadores, era possível produzir mais com a mesma ou com menos força de trabalho. A eficiência seria atingida com a eliminação dos desperdícios. Shiego Shingo trabalhava na Toyota na época da estruturação do STP, e juntamente com Ohno caracterizou os desperdícios conforme Figura 1 (WOMACK; JONES; ROOS, 1992; RODRIGUES, 2014).

Figura 1 - Os setes desperdícios de Ohno e Shingo



Fonte: Rodrigues (2014)

Os desperdícios identificados são 7:

- Desperdício de superprodução diz respeito à produção em excesso, ou seja, em quantidades desnecessárias ou no momento errado, ou seja, é quando é produzido mais que o necessário, mais rápido que

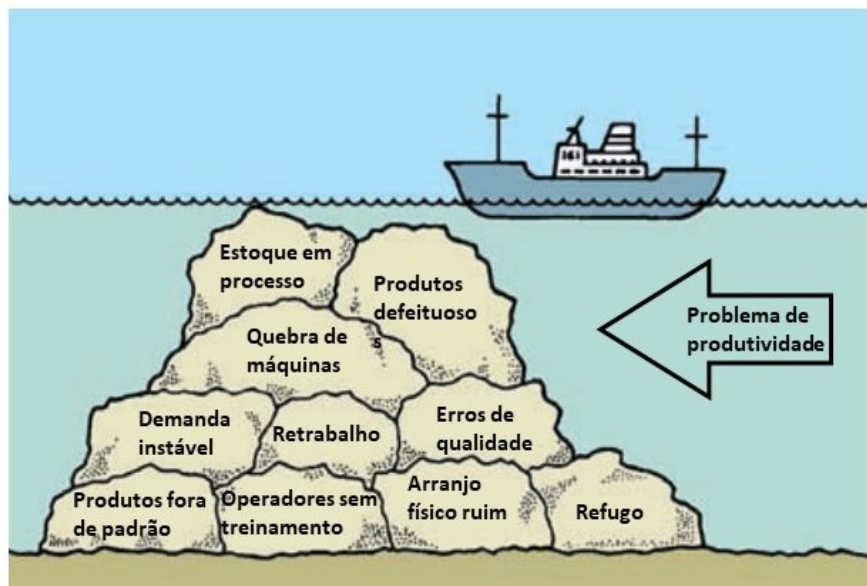
o necessário e antes que seja necessário (ORTIZ, 2006; HAMEL; BYRNE, 2010; RODRIGUES, 2014)

- Desperdício de espera está associado ao tempo parado de mão de obra, o operador fica ocioso esperando os materiais para realizar a operação, quando os materiais são em grandes lotes, a espera entre um lote e outro é grande, gera perda de produção e assim ociosidade (ORTIZ, 2006; HAMEL; BYRNE, 2010; RODRIGUES, 2014);
 - Desperdício de transporte está relacionado aos transportes desnecessários dos materiais, causa em grande parte por lay-outs mal projetados, o desperdício de superprodução acarreta no desperdício de transporte, quando existe produção a mais, é necessário transporta essa produção a mais para estoques, gerando estoques e mais transportes desnecessários (ORTIZ, 2006; HAMEL; BYRNE, 2010; RODRIGUES, 2014)
 - Desperdício de processamento está ligado ao processo de manufatura, um processo mal dimensionado, possuindo equipamentos e mão-de-obra desnecessários ou superdimensionados. Ocorre em processo de lixamento, polimento, moagem e rebarbação. Esse desperdício auxilia no desperdício de produção, gerando retrabalho (ORTIZ, 2006; HAMEL; BYRNE, 2010; RODRIGUES, 2014)
 - Desperdício por estoque é a estocagem de componentes ou produtos acabados de forma incorreta ou com quantidades muito superiores do necessário (ORTIZ, 2006; HAMEL; BYRNE, 2010; RODRIGUES, 2014)
 - Desperdício de movimentação está relacionado com a movimentação desnecessária no posto de trabalho, movimento com grandes amplitudes de pega de componentes, caminhadas para chamadas nos postos (ORTIZ, 2006; HAMEL; BYRNE, 2010; RODRIGUES, 2014);
 - Desperdício por produção de produtos defeituosos, gerando descarte ou retrabalho, geralmente causados por equipamentos que

não atingem as especificações, equipamentos com falta de manutenção e falta de treinamentos dos operadores (ORTIZ, 2006; HAMEL; BYRNE, 2010; RODRIGUES, 2014).

A partir dos estudos nas “três grandes” e produção em massa, Ohno, com auxílio de Shingo, estruturou o STP. Eles constaram que a produção empurrada gerava muitos desperdícios e necessitava de alguma solução. A solução foi a da produção puxada, criando assim o fluxo unitário de peça. As peças passaram a ser produzidas em lotes unitários, assim tudo o que fosse produzido seria consumido na etapa diante, diminuindo os estoques entre processos. Esse conceito foi inspirado nos supermercados americanos, que assim que algo fosse consumido, os repositores supriam novamente a prateleira vazia. Assim nasceu o conceito *Kanban*, um indicador de que o posto seguinte necessita de reposição de peças, e somente quando necessário. E o conceito *Just-in-Time* complementa o *Kanban*, que as peças devem ser entregues na forma, tempo e quantidades corretas. O fluxo unitário de peças juntamente com a produção nivelada (*heijunka*) favorecem o aparecimento dos desperdícios a serem eliminados, assim como as pedras ao fundo rio emergem com a redução do nível de água e devem ser eliminadas para a navegação. A Figura 2 representa a analogia. (LIKER, 2005).

Figura 2 - Redução do nível de água para surgimento dos problemas



Fonte: Adaptado Slack, Chambers e Johnston (2010)

Ao passar dos anos, os funcionários incorporaram tanto o sistema Toyota em suas rotinas que na década de 80, com a crise do petróleo, somente a Toyota que possuía as menores perdas no mercado. Um grupo de estudiosos de *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) pesquisaram o porquê do sucesso do Sistema Toyota de Produção. Esse estudo resultou no livro “*The Machine that Changed the World*”, escrito por James Womack, Daniel Jones e Daniel Roos. A partir desse momento o Sistema Toyota de Produção foi estudado como *Lean Manufacturing* e posteriormente se espalhou para diversos setores, chamando de *Lean Thinking*, livro homônimo escrito pelos estudiosos. (WOMACK; JONES; ROOS, 1992; RODRIGUES, 2014)

Lean Manufacturing, ou produção enxuta, possui a finalidade em atender os requisitos do cliente e é dividido em cinco princípios conforme Figura 3.

Figura 3 - Princípios do pensamento Lean



Fonte: Rodrigues (2014)

O princípio de Valor, ou valor do produto, é o norteador do sistema, é ele que atende a necessidade, expectativas e desejos do cliente. Possui a definição de valor agregado (*Value Added*) aquilo que o cliente está disposto a pagar, é o cliente

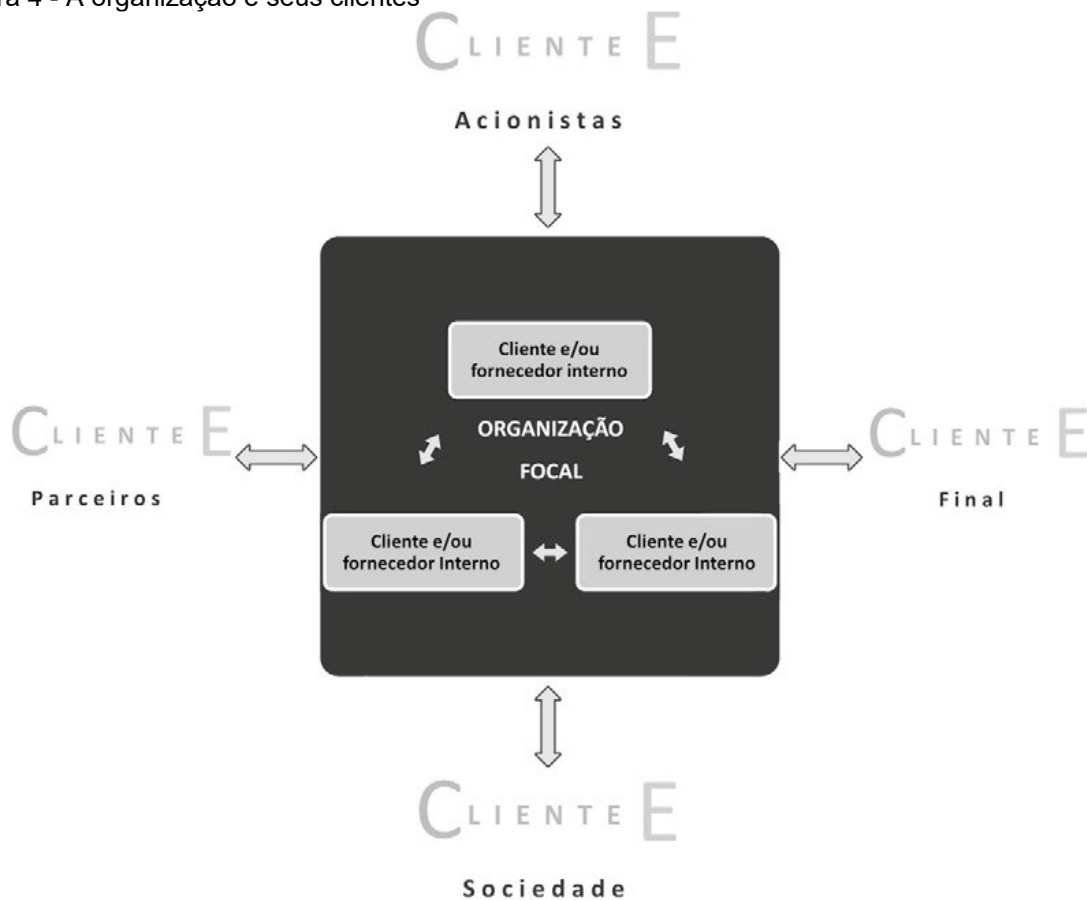
quem dita o que é valor no produto ou serviço. O restante é valor não agregado (*Non-Value Added*), ou seja, são desperdícios no processo (RODRIGUES, 2014).

A cadeia de valor é formada pelas etapas necessárias para atender os requisitos do cliente, ou seja, é formada por todas as etapas que agregam valor ao produto ou ao cliente. O fluxo da cadeia de valor ou fluxo de valor, são todas as atividades que agregam e que não agregam valor ao produto ou ao serviço, desde a obtenção da matéria prima até as mãos dos clientes. O fluxo deve ser mapeado constantemente para entender como um todo o processo, geralmente é representado graficamente como mapeamento do fluxo de valor. Por meio do mapeamento do fluxo de valor possibilita a visualização de *mudas* (desperdícios ou perdas), *muras* (desnívelamento fluxo produtivo) e *muris* (sobrecarga da linha de produção). A produção puxada define o sistema *Lean*, o cliente quem puxa o processo anterior, assim não se deve produzir antes que o cliente (processo posterior) autorize a produção. Com esse princípio a produção é nivelada em toda a cadeia, gerando um fluxo contínuo (HAMEL; BYRNE, 2010; RODRIGUES, 2014).

A busca pela perfeição é a melhoria contínua no processo de fabricação do produto, serviço ou do desenvolvimento do produto. Ela deve ser constante, pois segundo o pensamento *Lean*, sempre é possível melhorar mais o processo. Dessa forma todos os princípios são focados na constante melhoria, eliminando perdas e aumentando a qualidade do produto ou serviço entregue ao cliente. A melhoria contínua é dividida em duas: *kaizen*, denominada por pequenas melhorias constantes e *kaikazu*, que é a mudança radical no processo. (HAMEL; BYRNE, 2010; RODRIGUES, 2014).

No pensamento *Lean*, o conceito cliente é muito utilizado, assim o termo cliente é definido como ator que usufrui do processo anterior. A Figura 4 explica as diferentes formas de cliente (RODRIGUES, 2014).

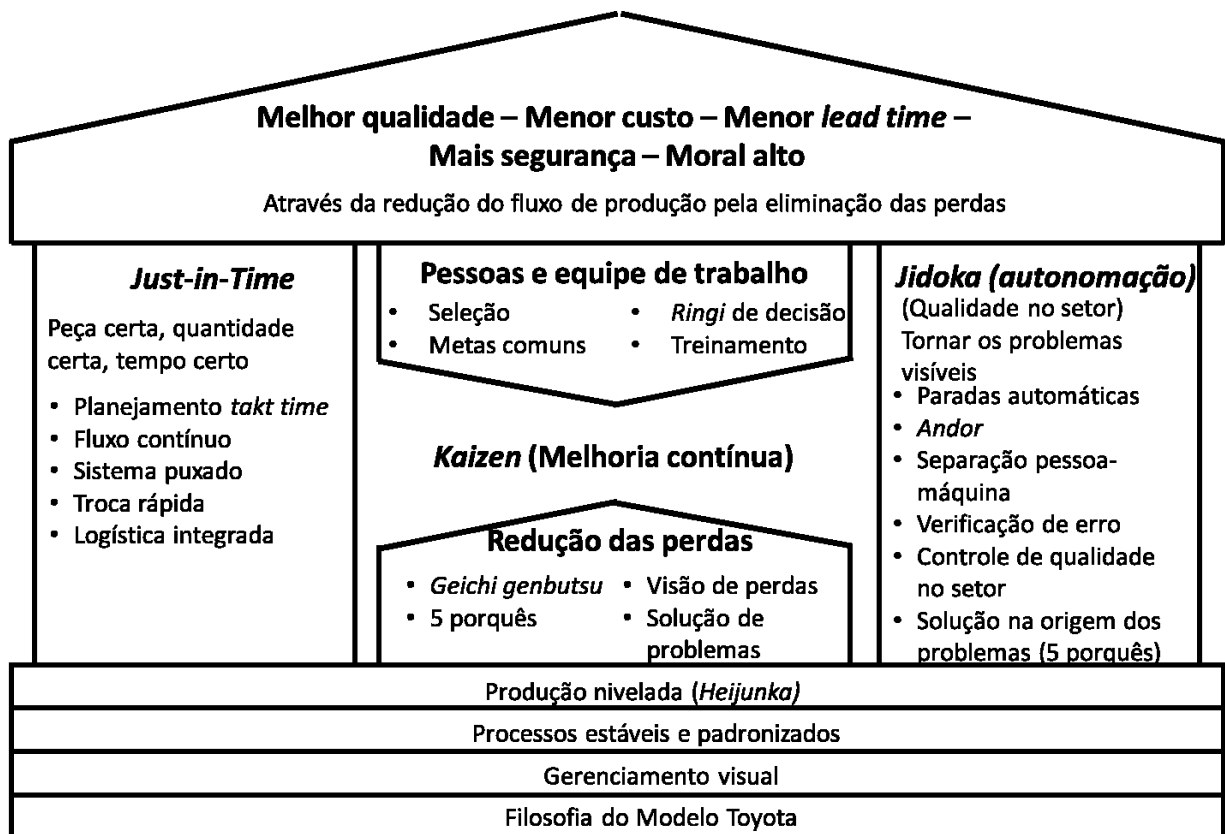
Figura 4 - A organização e seus clientes



Fonte: Rodrigues (2014)

Liker (2005) representou em seu livro “O Modelo Toyota” a casa da Toyota, que também pode ser utilizado no pensamento *Lean*. O autor relata que para a sustentação do telhado, os pilares e o chão devem ser sólidos, assim possuindo um elemento fraco, toda estrutura estará comprometida. No diagrama da casa Toyota estão ferramentas e princípios do pensamento *Lean*. O telhado é representado por melhores metas de qualidade, menor custo e menor *lead time* (tempo necessário para realização do trabalho, tempo entre o início e o final do processamento). As duas colunas laterais representam o conceito *Just-in-Time* e automação (automação com toque humano), nenhuma falha deve ser passada adiante sem uma solução robusta. O chão é representado pelos processos e pela filosofia. Todos os elementos são focados na melhoria contínua. A Figura 5 representa a casa da Toyota.

Figura 5 - A casa da Toyota por Ohno



Fonte: Liker (2005)

2.3 KAIZEN

O termo *Kaizen* é a junção de duas palavras japonesas, *kai* (mudança) e *zen* (para melhor), esse termo está relacionado à capacidade de resolver problemas em pequenas etapas com esforço contínuo. *Kaizen* pode ser entendido como um conceito *Lean* utilizada para eliminar perdas no processo de manufatura. Porém em uma linguagem mais ampla é um conceito que capacita e liberta a criatividade dos envolvidos em um determinado processo, tornando-o mais eficientes (MARTIN; OSTERLING, 2007).

O conceito *Kaizen* foi desenvolvido de outro conceito, Shigeo Shingo implantou na Toyota o conceito de zero defeito (*Zero Quality Control* – ZQC) que era composto basicamente de *Poka-Yoke* e inspeções. A partir desse conceito, Tetsuichi Asaka e Kaoru Ishikawa desenvolveram os círculos da qualidade que foi o primeiro *Kaizen* focados na resolução de problemas de qualidade. O círculo de qualidade era

formado por uma equipe multifuncional encarregada de analisar o problema e em seguida implementar as soluções propostas. O Dr. Deming foi um dos primeiros que estudaram trabalhos focados em melhoria contínua em processos produtivos. (MIKA, 2006; EAIDGAH et al., 2016)

Na década de 60, o Sr. Massaki Imai fundou o Instituto *Kaizen*, esse instituto possuía a finalidade de promover os eventos *Kaizen* para o mundo, focado para indústria automotiva (MIKA, 2006).

Porém o *Kaizen* não foi totalmente uma obra dos japoneses, os americanos estavam estudando formas de melhorar o sistema produtivo de veículos nos Estados Unidos. O Treinamento dentro da Indústria (*Trainning Within Industry – TWI*) é uma filosofia de treinamento dos operadores, geralmente focados para o chão de fábrica, para saber o que se deve saber, como: conhecimento do trabalho, conhecimento da responsabilidade, habilidade de instrução, habilidades de utilizar métodos e habilidades em liderar. Já o desenvolvimento em *Kaizen* japonês utilizava do ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) estudado por Walter Shewhart (HAMEL; BYRNE, 2010).

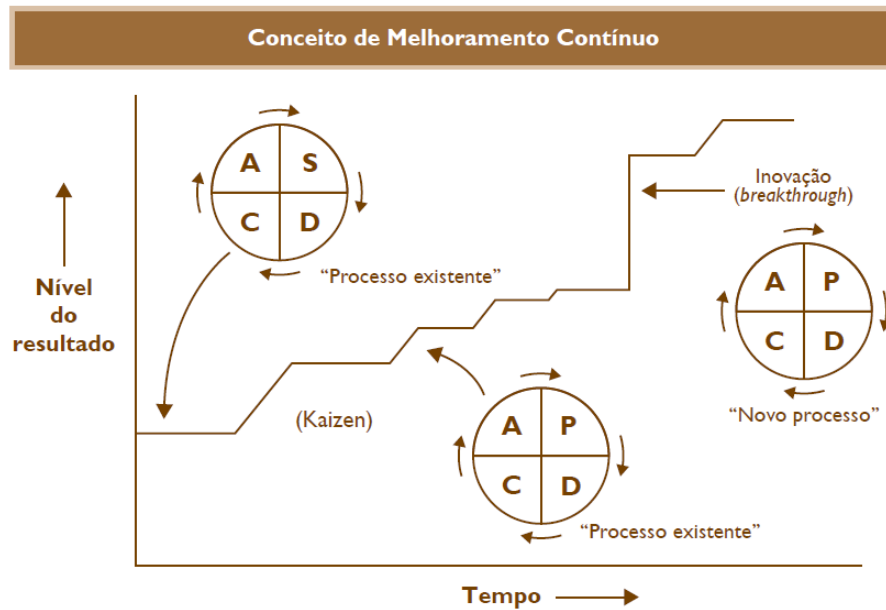
As duas primeiras necessidades (conhecimento do trabalho e de responsabilidades) eram de responsabilidade da empresa e o restante era de responsabilidade da TWI, deste modo 3 T foram usados (Trabalho instruído, Método de Trabalho e Relação de Trabalho). Paralelamente o ciclo PDCA estava sendo desenvolvido por Walter Shewhart, com os conhecimentos do Dr. Deming. O ciclo é basicamente um círculo dividido em 4 partes. *Plan* é a fase de planejamento, obtenção e análise dos dados, objetivação dos objetivos e identificação das melhorias. *Do* é a fase de implementar as melhorias. *Check* é a fase avaliar a implantação da melhoria. E *Act* é a fase de padronizar e estabilizar todas as melhorias. Ao final da fase *Act* é girado novamente o ciclo, pois a melhoria deve ser contínua (HAMEL; BYRNE, 2010).

Em desenvolvimento, o *Kaizen* japonês incorporou alguns fundamentos do TWI para auxiliar nas etapas de padronização. Assim os dois métodos se complementaram e se foram cada vez mais difundidos e utilizados pela indústria, que necessitava de pequenas melhorias com custos reduzidos. A indústria passou a realizar Eventos *Kaizen*, esses eventos eram aplicados em vários pontos separados na cadeia produtiva obtendo resultados expressivos (HAMEL; BYRNE, 2010).

Os eventos *Kaizen* são realizados em processos existentes onde se procura uma melhoria sem utilizar muitos recursos, diferente quando utilizado de inovações que possuem investimento muito altos, modificando totalmente o processo.

Na figura 00 representa um processo em melhoria, onde são aplicados o *Kaizen* e a inovação. Nos processos são utilizados o método PDCA e em outros o SDCA, basicamente a diferença é nas fases iniciais, onde S é a fase de voltar o processo no padrão. A Figura 6 representa o conceito de melhoria contínua (WERKEMA, 2013).

Figura 6 - Conceito de melhoria contínua



Fonte: Werkema (2013)

Os eventos *Kaizen* são diferentes da filosofia *Kaizen*. A filosofia é muito mais abrangente, ela deve ser feita todos os dias e em todo momento do trabalho, é voltada ao melhoramento pessoal no trabalho. Uma parcela da filosofia *Kaizen* são os eventos *Kaizen* que possuem o objetivo de melhorias no processo de fabricação (ORTIZ, 2006; LIKER, 2013).

Para um evento *Kaizen* de sucesso, Ortiz (2006) descreve em seu livro que a empresa deve possuir um programa *Kaizen* que possui a finalidade de avaliar quais áreas da empresa necessita de eventos *Kaizen*, como deve ser feita a divulgação dos eventos, e depois de realizado os eventos, quais os próximos passos. Esse programa deve ser bem estruturado sendo gerenciado por um comitê de gerenciamento, esse comitê é o time que gerenciará todos os eventos e sua divulgação. O comitê quem possui uma visão macro de todos os eventos e sua influência no cotidiano da empresa, em geral são formados por gerentes das áreas afetadas (gerente da planta, gerente da fabricação, gerente de engenharia, gerente de materiais/logística, gerente de

qualidade, gerente de segurança e gerente de RH) e por um líder *Kaizen*, esse último possui a função de coordenar o time todo.

Os eventos *kaizen* são caracterizados por uma equipe multifuncional que possui a liberdade de “aprender fazendo” como identificar os problemas e a solucioná-los de forma rápida e com baixo custo de implementação. A equipe *Kaizen* deve atingir todos as hierarquias da empresa, assim é de extrema importância a participação da mão de obra da produção, áreas mais afetadas com as melhorias (MARTIN; OSTERLING, 2007).

A equipe *Kaizen* deve possuir um líder, é ele quem vai puxar o evento do início ao fim, ele é o elo entre a equipe *Kaizen* e o comitê *Kaizen*. Geralmente é pessoa mais engajada na melhoria ou o supervisor da área afetada. A equipe deve ser multifuncional para que as ideias não sejam sempre as mesmas, deve-se ter pessoas fora do cotidiano para que as soluções possuam mais diversidades. Geralmente é empregado participantes dos departamentos da engenharia de qualidade, engenharia de processo, engenharia de manutenção, logística e materiais, operadores da linha de produção e, em alguns casos, gerentes (ORTIZ, 2006).

Os eventos devem ser planejados com antecedência para que não impacte o cotidiano da linha de produção e a equipe, também, deve ser escolhida com antecedência. É realizado um estudo antes do evento para que analisar qual área será realizado o evento. O planejamento deve conter os objetivos, as datas, os investimentos, os retornos e os envolvidos. (ORTIZ, 2006)

Os eventos *Kaizen* possuem o objetivo por definição de reduzir os desperdícios no processo de manufatura. Como explicado na seção anterior, os desperdícios principais são sete e devem ser monitorados para a sua redução. Outro ponto que os eventos monitoram é a aplicação do programa 5 S. O programa 5 S é um programa de organização do posto de trabalho, cada operador deve realizar um *check list* antes de iniciar o seu trabalho no posto. Também conhecido como *housekeeping* (arrumando a casa), quando bem utilizado, pode trazer resultados rápidos e de baixo custo. Os 5 S são (RODRIGUES, 2014):

- *Seiri*: senso de utilização, objetiva a otimização dos espaços, alocação e utilização dos móveis, equipamentos e materiais de trabalho em geral. O que não é utilizado deve ser descartado (RODRIGUES, 2014);

- *Seiton*: senso de organização, possui o objetivo de ordenar racionalmente os móveis, equipamentos, materiais de uso documentos afim de facilitar o acesso e a utilização (RODRIGUES, 2014);
- *Seiso*: senso de limpeza, possui o objetivo de deixar o local de trabalho limpo e em condições de trabalho, possui, também, o habito de programar manutenções autônomas no posto (RODRIGUES, 2014);
- *Seiketsu*: senso de padronização, objetiva a padronização dos postos de trabalho e utilizando de uma padronização já validada com os outros postos (RODRIGUES, 2014);
- *Shitsuke*: senso de disciplina, possui o objetivo de criar cultura de disciplina, educação e colaboração com os hábitos de melhoria contínua. Possui, também, a finalidade de ajudar os outros S's (RODRIGUES, 2014).

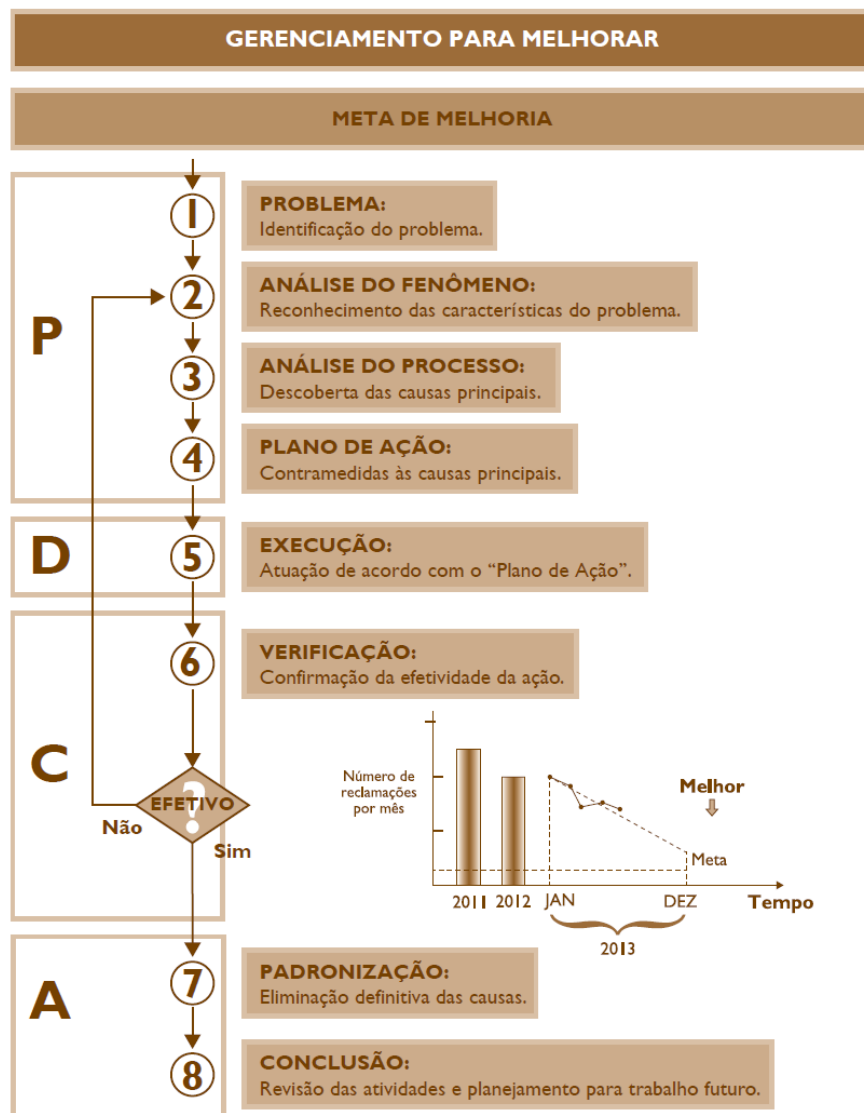
Com a análise preliminar do evento, o comitê *Kaizen* escolhe quais são as áreas que deverão receber o evento. É feita a convocação dos envolvidos para o evento, os envolvidos são escolhidos de acordo com a finalidade do evento e suas habilidades e áreas de atuação. O principal objetivo é melhoria de um determinado processo, reduzindo os desperdícios. Assim alguns pontos são importantes para um evento de sucesso, ou seja, algumas métricas e indicadores. Ortiz (2006) descreve em seu livro que muitos eventos *Kaizen* buscam a melhoria em diversos pontos, como: aumento da produtividade, redução do espaço de chão de fábrica, redução dos postos de trabalho (deixar o processo menor), redução das distâncias entre operações e dentro dos postos de trabalho, aumento da qualidade requerida pelo cliente, redução dos estoques entre processos, aumentar a eficiências das horas gastas no processamento, aumentar o volume produzido (desde que o cliente consiga consumir esse novo volume) e diminuição do *Tack-time* e tempo de ciclos.

Eaidgah *et al.* (2016) descrevem que todo evento *Kaizen* deve possuir uma gestão visual para facilitar o progresso. A gestão visual facilita o entendimento de todo o processo dentro do evento. Deve ser fácil e rápido entendimento, utilizando de gráficos, diagramas e croquis. No início das aplicações dos eventos, a gestão visual era realizada em folhas de papeis confeccionadas pelos próprios envolvidos no evento. Essa forma ajudava o engajamento dos envolvidos e a redução de recursos.

Atualmente algumas empresas utilizam da gestão visual na forma de apresentação com auxílio de softwares de apresentações. Porém os *sensei* mais antigos ainda preferem a utilização do papel e lápis (ORTIZ, 2006; MARTIN; OSTERLING, 2007; EAIDGAH *et al.*, 2016).

No evento *Kaizen* em si, é dividido em partes, geralmente é utilizado o ciclo PDCA desde o início até ao final do evento. Na fase *Plan* são realizadas a identificação do problema (essa fase pode ser realizada pelo comitê *Kaizen*) e o total entendimento do problema, a análise do processo e realizado um plano de ação. Na fase *Do* é realizada a execução do plano de ação, é nessa fase que são implantadas as ideias de solução dos problemas anteriormente identificados. Na fase *Check* é realizada a análise da implantação da solução, quanto eficaz foi a solução e se a solução atingiu a causa raiz do problema. E por fim, na fase *Act* é realizada a padronização da solução, é nessa fase que a solução se torna em um novo padrão e a partir dessa etapa todos devem seguir o novo padrão, é nessa fase que é realizada o fechamento do evento com a capitalização das ações. A Figura 7 representa a utilização do ciclo PDCA na melhoria contínua (WERKEMA, 2013).

Figura 7 - Gerenciamento para melhoria



Fonte: Werkema (2013)

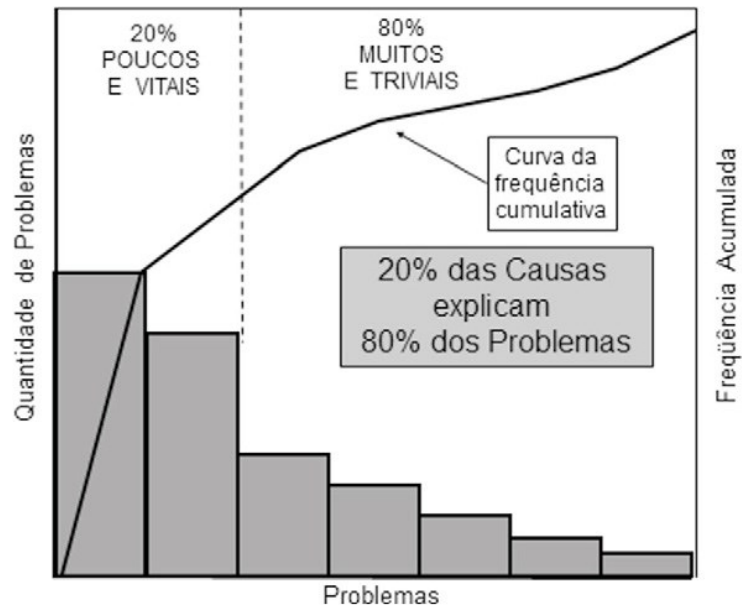
2.3.1 Ferramentas de Qualidade e Produção

Um dos fatores mais importantes é o real entendimento do problema a ser solucionado. Para isso são empregadas algumas ferramentas de qualidade, porém não é necessário utilizar todas. As ferramentas de qualidade mais utilizadas nos eventos são:

Diagrama de Pareto - é um diagrama de barras verticais onde cada barra corresponde a um problema que afeta um processo. Possui o objetivo de priorizar os problemas a serem resolvidos, a regra utilizada é a razão 80/20 (20% das causas

explicam 80% dos problemas), a Figura 8 ilustra um gráfico de Pareto (RODRIGUES, 2012).

Figura 8 - Diagrama de Pareto



Fonte: Rodrigues (2012)

Para a construção deve-se entender os fatores que influenciam o problema, assim a coleta de dados deve ser crítica e o processo deve ser bem entendido. Os dados das causas devem ser colocados em ordem decrescente e sua frequência acumulada em um eixo secundário. O gráfico de Pareto é uma das primeiras ferramentas da qualidade a ser utilizadas no entendimento do problema (RODRIGUES, 2012).

Diagrama de Causa e Efeito – é um diagrama que visa identificar a relação entre o efeito e as causas do problema. Também chamado de diagrama espinha de peixe e diagrama de Ishikawa. Possui variações chamadas de diagrama 4M ou 8M, Figura 9.

Fonte: Rodrigues (2012)

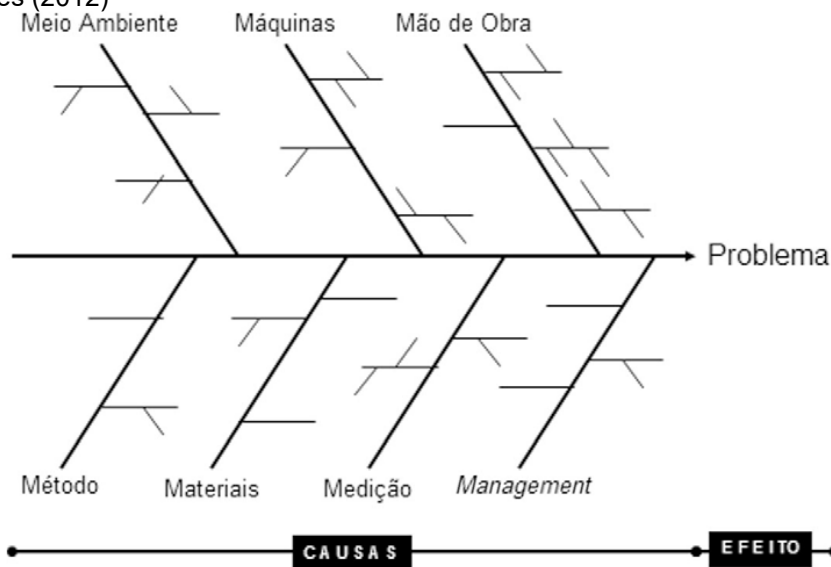


Figura 9 - Diagrama de causa e efeito

O efeito (problema) é identificado e as causas são separadas em grupos que estão relacionados, podem ser: Meio-ambiente, Máquina (equipamento), Mão-de-obra (operador); Método (operação); Materiais (matéria-prima), Medição, Management (gerenciamento), entre outros. Nessa ferramenta utiliza-se de *brainstorming*, que são sugestões das causas (RODRIGUES, 2012).

Gráfico de Tempo de Ciclo (Tcy) – é um gráfico de barras que representa os tempos de cada posto de trabalho dentro de uma área ou linha de produção. As medições do tempo devem ser medidas no posto de trabalho (*Gemba* – termo japonês para local de trabalho ou chão de fábrica) utilizando de observações e cronoanálise (LIKER, 2005).

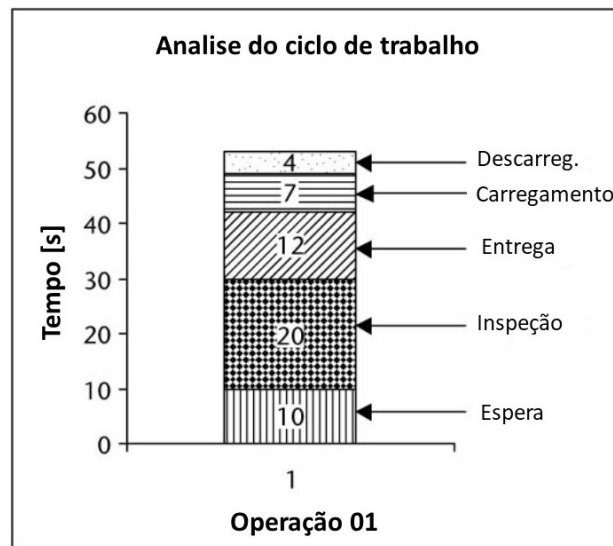
Análise de Valor Agregado e Valor não Agregado (VA x NVA) – é um gráfico de barras que identifica em cada posto as operações que agregam valor ao produto ou serviço, e as operações que não agregam valor (desperdícios). É realizado no *gemba* utilizando de observações e cronoanálise. Esse gráfico indica a eficiência do posto de trabalho e calculado com a equação 1 (LIKER, 2005; ORTIZ, 2006):

$$Eficiencia\ do\ Processo = \frac{Tempo\ de\ ciclo\ [s] - Tempo\ de\ valor\ não\ agregado\ [s]}{Tempo\ de\ ciclo\ [s]} \quad (1)$$

Análise do ciclo de trabalho – discriminação das atividades do posto de trabalho analisado. Utilizando de observação e cronometro são coletados os tempos

de cada etapa do trabalho realizado no posto. O ciclo de trabalho é dividido em etapas, estabelecendo o início e o término de cada etapa. O término de uma etapa é o início da etapa seguinte. São feitas medições, calculada a média aritmética das etapas e representado graficamente em um gráfico de barras empilhadas. Somente são coletados os tempos das etapas cíclicas (atividades que se repetem em todos os ciclos), as atividades não cíclicas (atividades que se repetem a determinado número de ciclos) são descartadas. A Figura 10 *Figura 10* representa o gráfico de análise do ciclo de trabalho (LIKER, 2005).

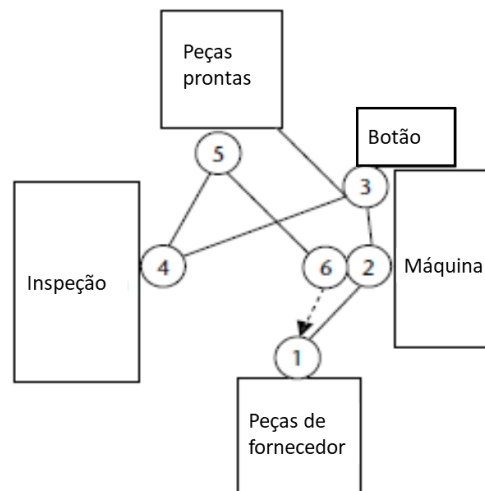
Figura 10 - Análise do ciclo de trabalho



Fonte: Adaptado Liker (2005)

Diagrama de deslocamento - nesse diagrama é levado em consideração dos os deslocamentos necessários para a execução do trabalho (atividades cíclicas) e a parcela de deslocamentos para atividades secundárias por ciclo (atividades não cíclicas). Utilizando de um formulário quadriculado, é desenhado um esboço do posto analisado e o percurso do realizado para execução do trabalho. Ao final é realizado a soma total dos passos das atividades cíclicas e não cíclicas. A Figura 11 representa o diagrama de deslocamento (LIKER, 2005).

Figura 11 - Diagrama de deslocamento



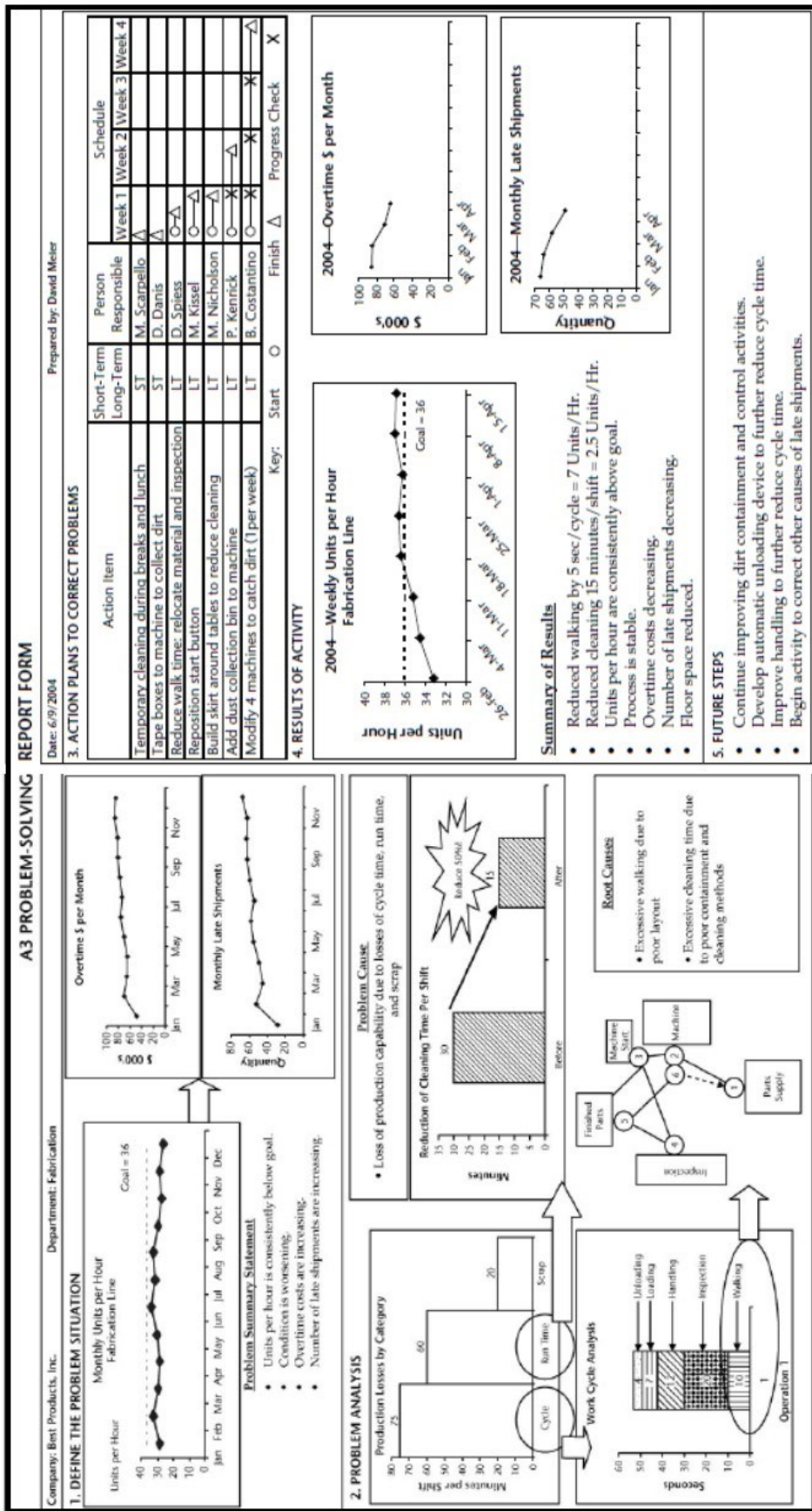
Fonte: Adaptado Liker (2005)

Análise das atividades não cíclicas - medição dos tempos de todas as atividades. Utilizando de observação e cronometro são realizadas medições dos tempos dos ciclos de trabalhos e atividades secundárias, ou seja, é medido o tempo que o operador executa todas as etapas do posto mais o tempo gasto para realização de atividades que não fazem parte do processo para cada ciclo, e feitas anotações sobre a atividade secundária. Posteriormente são representados em um gráfico de dispersão, o eixo das abscissas corresponde o intervalo de tempo e o eixo das ordenadas representa a quantidade de ocorrências nesse intervalo de tempo (LIKER, 2005).

Análise dos desperdícios - levantamento dos desperdícios existentes em cada etapa do trabalho realizado no posto analisado. Realizado observando o posto de trabalho, todos os possíveis desperdícios são listados e comentados em uma folha. Ao final da análise é colocado em ordem decrescente em lista ou em um gráfico de barras (semelhante ao diagrama de Pareto) (LIKER, 2005; ORTIZ, 2006).

Relatório A3 - é um relatório que “conta a história” do evento, sendo utilizados não somente para eventos Kaizen, mas para métodos de soluções de problemas. O relatório é dividido em 3 partes: antes, durante e depois. Esse relatório é realizado ao final do evento Kaizen para apresentação ao envolvidos e gerencia. O relatório recebe esse nome por, inicialmente, ser representado em folha formato A3, porém em apresentações no local do trabalho podem ser utilizados formatos maiores. A Figura 12 representa um relatório A3 (LIKER, 2005).

Figura 12 - Relatório A3



REPORT FORM

Date: 6/9/2004 Prepared by: David Meier

3. ACTION PLANS TO CORRECT PROBLEMS

Action Item	Short-Term Long-Term	Person Responsible	Schedule			
			Week 1	Week 2	Week 3	Week 4
Temporary cleaning during breaks and lunch	ST	M. Scarpello	△			
Tape boxes to machine to collect dirt	ST	D. Davis	△			
Reduce walk time: relocate material and inspection	LT	D. Spiess	○	△		
Reposition start button	LT	M. Kissel	○	△		
Build skirt around tables to reduce cleaning	LT	M. Nicholson	○	△		
Add dust collection bin to machine	LT	P. Kenrick	○	△		
Modify 4 machines to catch dirt (1 per week)	LT	B. Costantino	○	△		

Key: Start ○ Finish △ Progress Check X

4. RESULTS OF ACTIVITY

2004—Weekly Units per Hour
Fabrication Line

Goal = 36

2004—Overtime \$ per Month

2004—Monthly Late Shipments

5. FUTURE STEPS

- Continue improving dirt containment and control activities.
- Develop automatic unloading device to further reduce cycle time.
- Improve handling to further reduce cycle time.
- Begin activity to correct other causes of late shipments.

2.3.2 Linha de Montagem

A linha de montagem de fabricação foi introduzida por Henry Ford no início do século XX. Foi projetada para ser eficiente e altamente produtiva, possuía as características de produção em massa, com alto volume e poucas variações. A linha de montagem basicamente é um conjunto de postos de trabalho organizada, geralmente, em linha. A linha de fabricação é segmentada em postos de trabalho com uma tarefa, essa tarefa é executada no posto e, depois de finalizada, é passada para o próximo posto. As tarefas podem ser executadas por robôs, máquinas ou operadores (GRZECHCA, 2011).

As tarefas são executadas em um determinado tempo, esse tempo é chamada tempo de ciclo (T_{cy}) e é sincronizado com os demais postos de trabalhado, balanceando a linha de fabricação. As linhas de fabricação podem ser dos seguintes tipos (THOMOPOULOS, 2014).

- Linha de modelo único – a linha de montagem é dedicada a um único modelo. Se o fabricante possui 3 modelos de produtos, então existirá 3 linhas de montagem, uma para cada produto (THOMOPOULOS, 2014);
- Linha em lotes – a fabricação é por lotes de tamanhos pré atribuídos (THOMOPOULOS, 2014);
- Linha para estoque com diversidade de modelos – mais de um tipo de modelo de produto é montado na mesma linha de montagem, porém são produzidos em lotes de tamanhos variáveis (THOMOPOULOS, 2014);
- Linha de modelos mistos com ordem de fabricação – mais de um produto é fabricado na mesma linha de fabricação, porém a fabricação de cada produto é realizada com uma ordem de fabricação, podendo ser de somente uma unidade (THOMOPOULOS, 2014);
- Linha de pré-montagem – é fabricado um produto semi-acabado que atende uma diversidade de produtos, ou seja, é montado um produto semi-acabado comum a todos as diversidades de produtos, ao sair da linha são colocados os componentes exclusivos para cada tipo

de produto. Geralmente as linhas de tratores utilizam desse tipo de linha de fabricação (THOMOPOULOS, 2014);

- Fabricação em um único posto – toda a fabricação é realizada em um único posto e um produto por cada vez, todos os operadores trabalham em um único posto ao redor do produto. Geralmente utilizado em fabricação de produtos com grandes dimensões, como navios e aviões (THOMOPOULOS, 2014);
- Fabricação com robôs – utiliza de robôs para fazer a fabricação do produto. Pode existir linhas com operadores e robôs trabalhando simultaneamente (THOMOPOULOS, 2014).

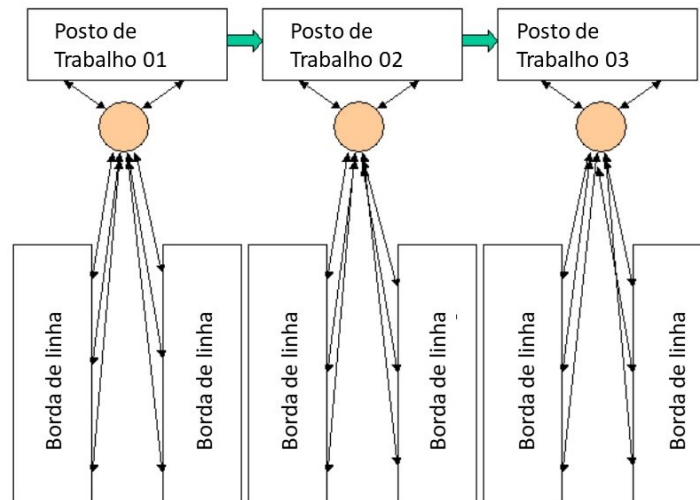
As linhas de montagem mais modernas apresentam características de diversos tipos. Atualmente um requisito das linhas de fabricação é a flexibilidade, assim as linhas devem possuir a capacidade de fabricar mais de um produto e uma capacidade flexível de volume para atender o mercado. Deve possuir também a flexibilidade de produzir um único produto entre um lote de outro produto (THOMOPOULOS, 2014).

Os abastecimentos dos componentes nas linhas devem seguir o modelo *Just-in-Time* para uma melhor utilização dos recursos. Assim é um desafio para o departamento de suprimento gerenciar quando os materiais serão consumidos. O departamento que gerencia os materiais geralmente é denominado Logística, esse departamento deve entregar os materiais a serem consumidos na forma, quantidade e momento exato (LIKER, 2005; THOMOPOULOS, 2014).

Os componentes podem ser entregues de diversas formas, dentre elas:

Fornecimento em borda de linha – os componentes são alocados ao lado da linha de montagem onde os operadores da linha pegam os componentes que deveriam ser montados. Esse tipo de suprimento utiliza muito espaço físico nos arredores da linha, geralmente são caixas de grandes dimensões, representado na Figura 13 (JOHANSSON, 1991).

Figura 13 - Esquema borda de linha



Fonte: Adaptado de Carlsson e Hensvold (2007)

Fornecimento em lotes – é semelhante ao fornecimento em borda de linha, os componentes também ficam aos redores da linha, porém em quantidades menores (somente para a produção de um determinado de tempo) e quando não precisam mais desses componentes, as caixas retornam para o armazém. Geralmente são alocados em móveis mais próximos ao posto de trabalho (JOHANSSON, 1991).

Fornecimento em sequência – é semelhante ao fornecimento em lotes, porém com componentes menores (parafusos, porcas, pequenos componentes) e se exigir troca de modelo de produto, os componentes não precisam voltar para os moveis nos arredores da linha (JOHANSSON; JOHANSSON, 2006).

Fornecimento em kits – são caixas que são entregues no momento da montagem, com a quantidade correta e na forma correta, obedecendo o conceito Just-in-Time. Cada caixa serve um produto. Geralmente são componentes pequenos que compõem a caixa do kit (JOHANSSON, 1991).

2.3.2.1 Kitting

Kitting é o processo de montagem dos *kits*. Um *kit* é um conjunto de componentes alocados em uma caixa que forneceram um ou mais postos de montagens em uma linha de montagem. Essas caixas de componentes podem servir como *Poka-Yoke* (sistema à prova de falhas) na montagem, pois o operador receberá o componente na forma, quantidade e momento correto de montagem. O sistema de

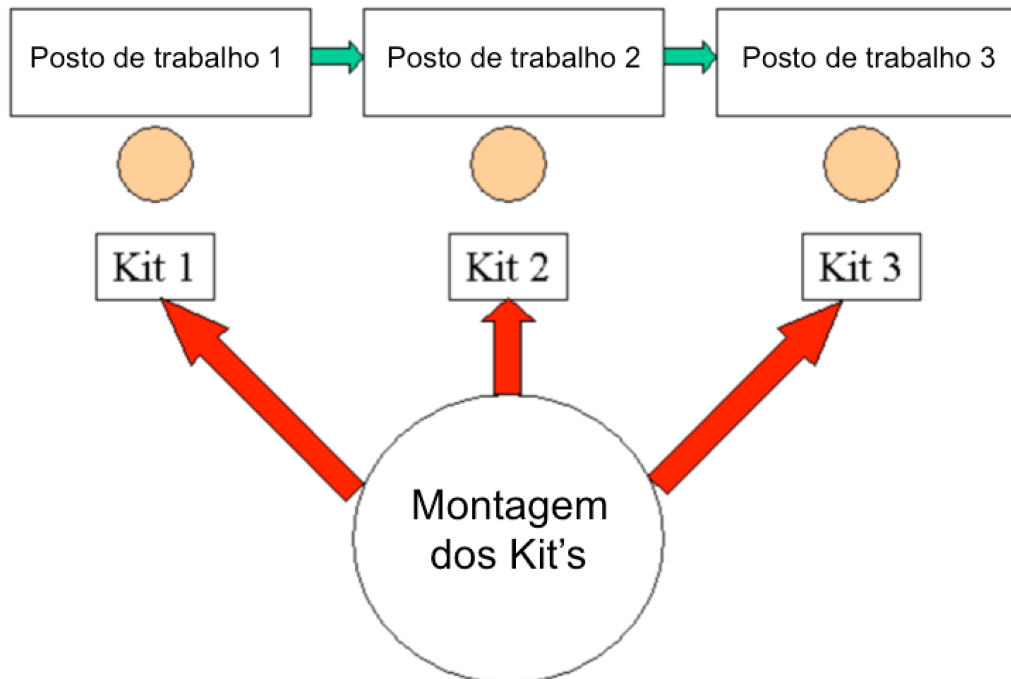
fornecimento na forma de *Kitting* retira do operador a função de escolha de componentes, assim o operador possui atenção total na montagem do componente (JOHANSSON, 1991; ODPPEs, 2015).

Odppes (2015) em seu trabalho, descreve que os benefícios do fornecimento *Kitting* são: redução do espaço utilizado; redução do tempo dos operadores procurando componentes nos móveis; melhor armazenamento dos subconjuntos que compõem o *kitting*; possibilidade de retirar submontagens da linha principal, levando-as para uma área de preparação, reduzindo o *lead-time* do produto final; diminuição de operações de desembalar pelos operadores da linha de montagem; facilidade de pega dos componentes dentro das caixas; melhor controle de componentes frágeis ou caros (melhor gerenciamento); potencial de melhoria de qualidade do produto final, pois diminui o erro de montar componentes errados em produtos; facilidade em empregar células robotizadas na montagem dos *kits* e aumento da flexibilidade de montar diversos modelos de produtos na linha principal. (ODPPES, 2015).

Os componentes que compõem as caixas *kit* podem ser de diferentes formas e tamanhos. Porém alguns componentes não são viáveis como parafusos, arruelas, vedações, clips, em geral componentes pequenos. Esses componentes possuem custo e dimensões pequenas e alto consumo na linha, assim a utilização de móveis próximos a linha de montagem é a mais indicada. Os componentes que são sugeridos serem entregues em *kits* são componentes com alto custo, componentes frágeis que possuem muitas embalagens (as embalagens são retiradas nas áreas de preparação dos *kits*), submontagens de componentes e componentes muito semelhantes que montam diferentes modelos de produtos (DING, 1992; SCHWIND, 1992).

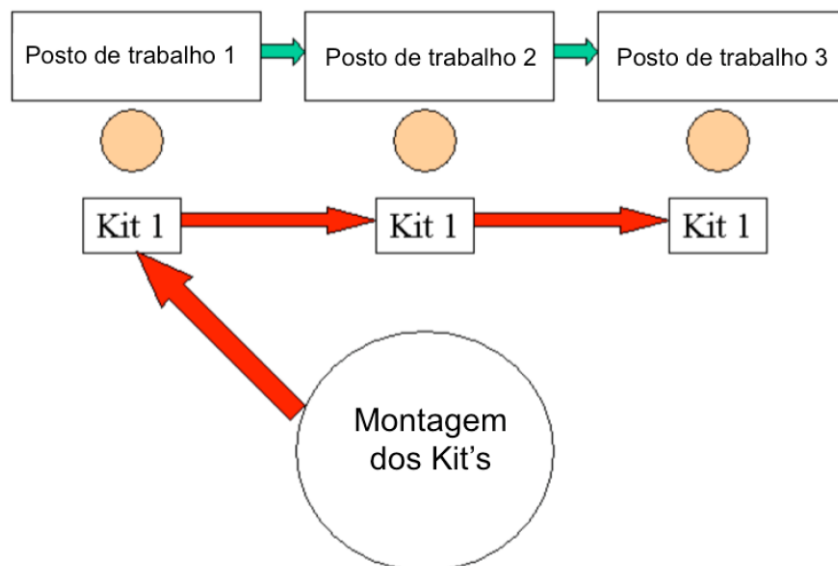
Os *kits* podem ser estacionários ou viajantes. Os estacionários são entregues nos postos de trabalho e são consumidos até que se esgotem, assim um kit é específico para cada posto de trabalho, podendo montar mais de um produto. Já o *kit* viajante acompanha o produto na linha de montagem, esse *kit* pode fornecer componentes para diversos postos de trabalho, porém cada kit é específico para cada produto. A Figura 14 representa o *kit* estacionário e a Figura 15 representa o *kit* viajante (BOZER; McGINNIS, 1992).

Figura 14 - Esquema kit estacionário



Fonte: Adaptado de Carlsson e Hensvold (2007)

Figura 15 - Esquema kit viajante

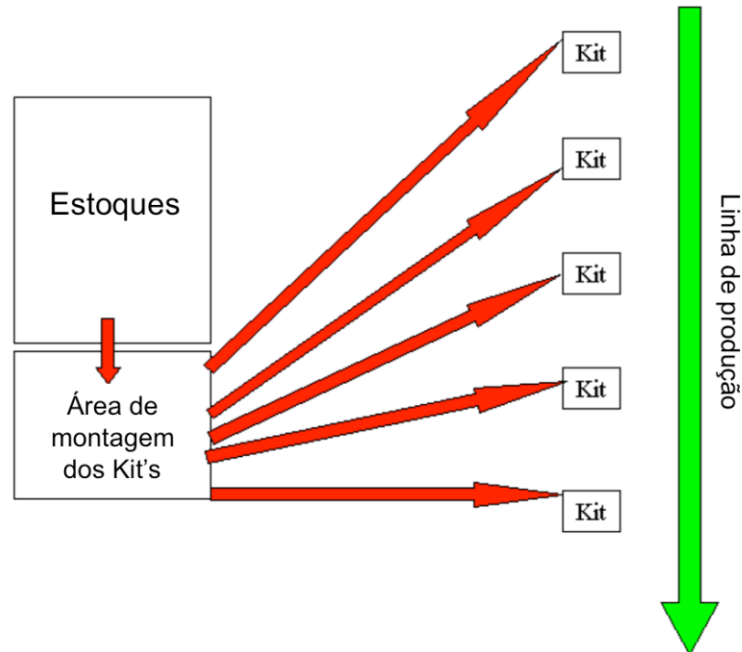


Fonte: Adaptado de Carlsson e Hensvold (2007)

Para fornecer os *Kit*, deve existir uma área de preparação, chamada de *picking*. Essas áreas podem realizar a montagem de todos os kits da linha (Figura 16,

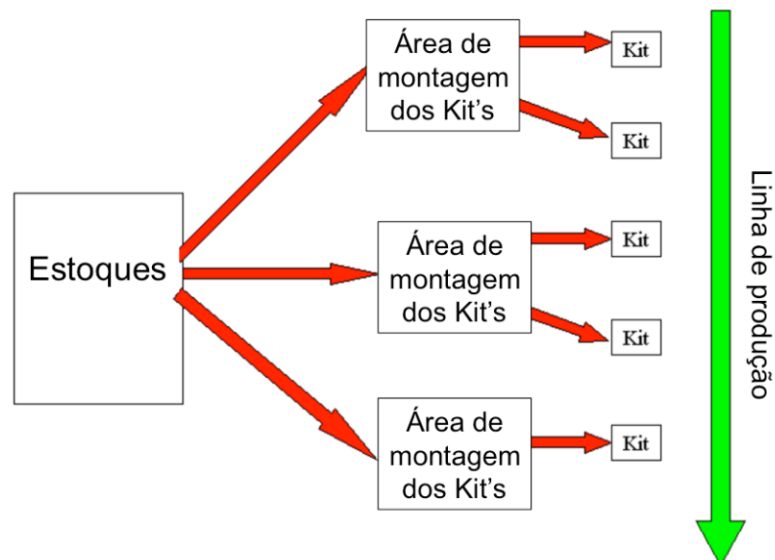
ou essa área pode ser dividida em áreas que atendam determinados segmentos das linhas (Figura 17) (CARLSSON; HENSVOLD, 2007).

Figura 16 - Picking único



Fonte: Adaptado de Carlsson e Hensvold (2007)

Figura 17 - Múltiplos picking



Fonte: Adaptado de Carlsson e Hensvold (2007)

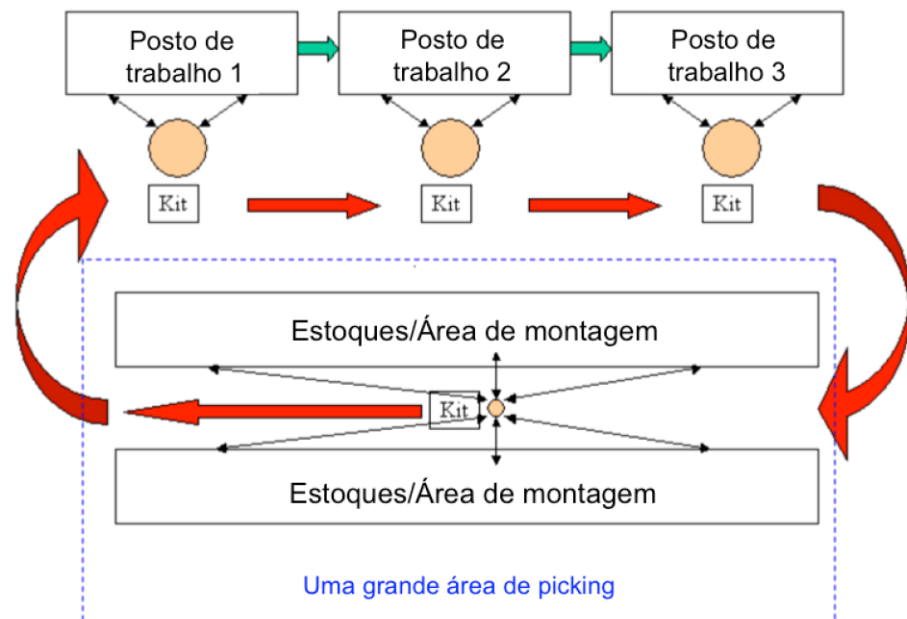
As áreas de montagens dos *kits* são chamadas de *picking*. Nas áreas podem ser empregados operadores de linha que em determinados momentos estão na linha de montagem e em outros estão montando os *kits*, essa estratégia é

empregada em linhas que o tempo de ciclo é alto e causa ociosidade dos operadores, assim são levados para essas áreas para nivelar a carga de trabalho. Nesse conceito, o conhecimento de montagem de *kit* é difundido para vários operadores. Com linhas de montagem com baixo tempo de ciclo e alta produtividades, são empregados os *pickers*, que são operadores exclusivos de montagem de *kits* (BRYNZER; JOHANSSON, 1995)

As montagens dos kits podem ser por um *check-list* ou por *by-light*. Quando utilizado do sistema *check-list*, os *pickers* possuem uma lista de peças que compõem cada *kit*. Já quando utilizado do sistema *by-light*, os *pickers* são guiados por luzes que indicam quais componentes deverão compor o *kit* (BRYNZER; JOHANSSON; 1995).

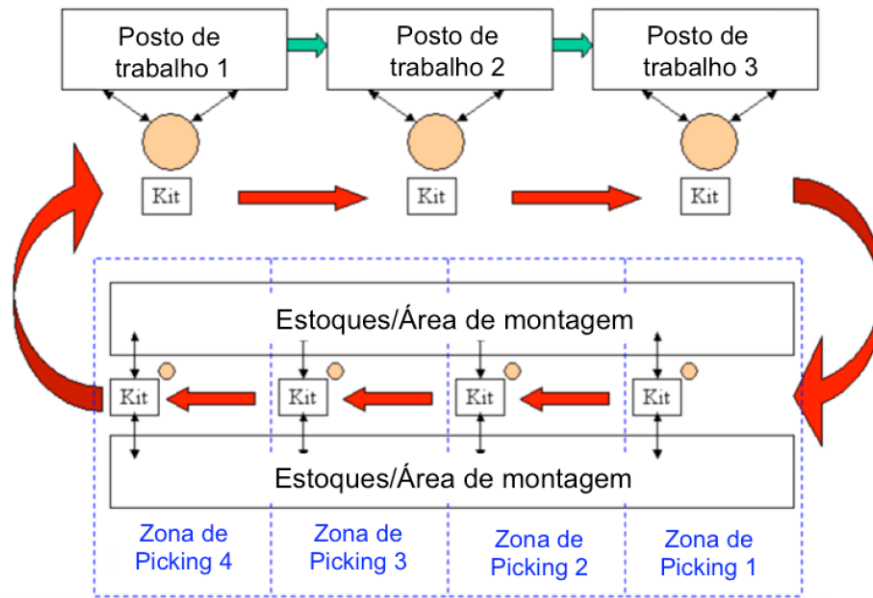
As áreas de montagens dos kits podem ser únicas, onde um *picker* monta ou prepara todos os *kits*, ou pode ser divididas em zonas com mais *pickers*. Quando utiliza de uma área grande, a montagem do *kit* é realizada na sequência que os componentes estão alocados nas prateleiras, conforme Figura 18. Quando a área é segmentada, o *kit* possui uma montagem sequenciada, como uma linha de montagem, cada *picker* monta uma parte do *kit* e passa para a próxima zona, Figura 19 (CARLSSON; HENSVOLD, 2007).

Figura 18 - Picking com apenas um picker



Fonte: Adaptado de Carlsson e Hensvold (2007)

Figura 19 - Picking sequencial, com mais de um pickers



Fonte: Adaptado de Carlsson e Hensvold (2007)

Os *kits* são transportados até a linha de montagem por operadores logísticos, que entregam na ordem correta na linha de montagem. Pode ser por esteiras transportadoras ou veículos movidos por correntes. Ou podem ser transportados por AGVs (*Automated Guided Vehicles*), exemplo de AGV representado na Figura 20, que são veículos autônomos (ODPPES, 2015).

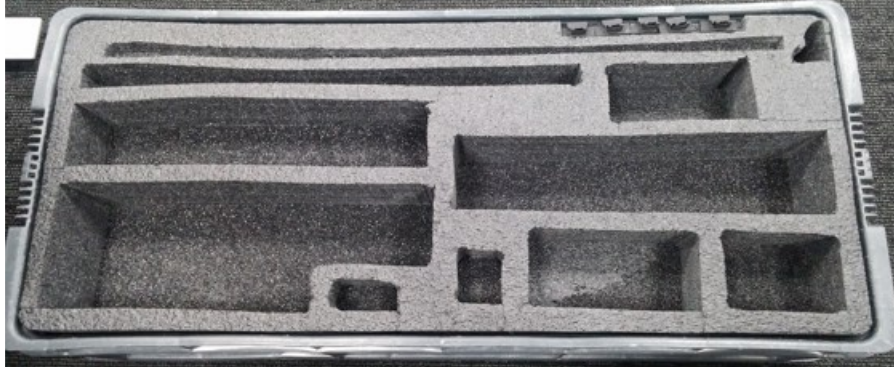
Figura 20 - AGV transportando *kit*



Fonte: Odppes (2015)

As caixas que transportam os componentes podem ser diversos formatos e tamanhos. Geralmente as caixas são feitas de metal revestidas com plástico ou espuma para não degradar os componentes. Saleh (2016), em seu trabalho, desenvolveu um caixa com espuma para transporte de um componente. Exemplo de uma caixa kit na Figura 21.

Figura 21 - Exemplo de uma caixa kit



Fonte: Saleh (2016)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na forma de pesquisa-ação. A pesquisa-ação visa fornecer aos pesquisadores e grupos sociais os meios de se tornarem capazes de responder com maior eficiência aos problemas da situação em que vivem, em particular sob a forma de estratégias de ação transformadora e, ainda, facilitar a busca de soluções face aos problemas para os quais os procedimentos convencionais têm contribuído pouco. A compreensão do modelo de pesquisa-ação relaciona-se a dois conceitos: o ato de investigação e o ato substantivo. O ato de investigação corresponde a uma ação que impulsiona uma indagação, enquanto o ato substantivo é a ação que promove uma mudança desejável no contexto estudado, ou seja, na investigação-ação, as ações são necessariamente atos substantivos. A pesquisa-ação enquanto ferramenta metodológica realizada por meio do agir comunicativo e participativo, favorece o compartilhamento de saberes, além de tecer uma estrutura relacional de confiança e comprometimento com os sujeitos que integram a realidade a ser transformada (HOLANDA; RICCIO, 2001; KOERICH *et al.*, 2009)

3.1 FÁBRICA E ÁREA DE PICKING

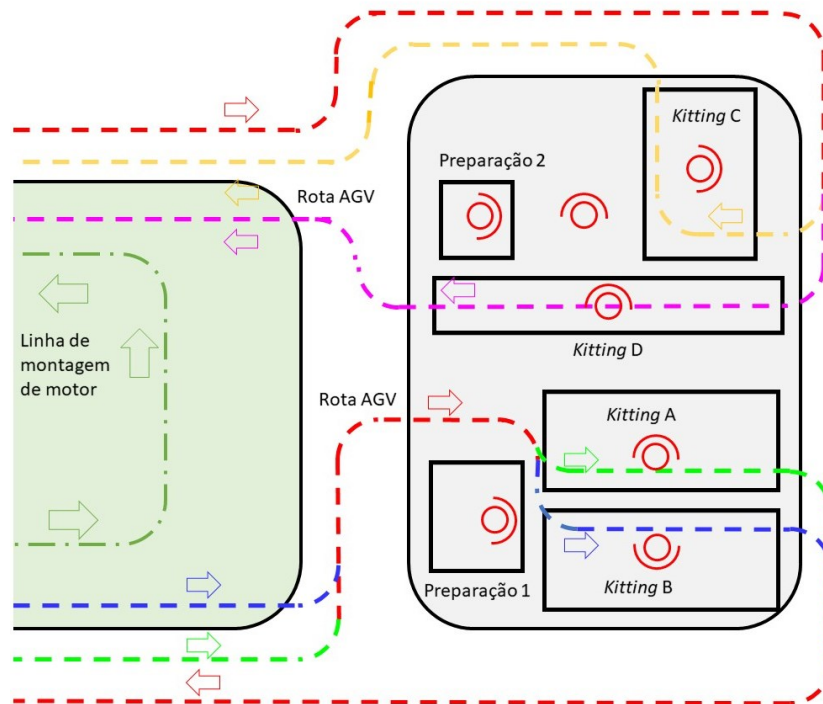
A fábrica de motores estudada pertence a uma empresa de automóveis situada no estado Paraná. A fábrica possui duas linhas de montagem de motores (1.0l e 1.6l). O estudo ocorreu na forma de pesquisa-ação de um evento *Kaizen*, dividido em duas partes, realizados na área de preparação de *kitting* da linha de motor 1.0l.

Os dados foram coletados ao decorrer dos dois eventos na forma de reuniões e participação dos eventos.

A linha de montagem dos motores 1.0l é um misto de linha de modelos misto para estoque e com ordem de fabricação. Os motores são fabricados em lotes de 8 motores e são estocados em uma área de espera para serem entregues a linha de montagem veicular. A linha de montagem possui diversidades de 3 modelos diferentes, utilizando de diferentes componentes entre os modelos. A linha de montagem possui um tempo de ciclo de 148 cmin.

Para abastecimento da linha são utilizados de móveis em borda de linha onde os operadores pegam os componentes e montam nos motores. Os demais componentes são abastecidos por meio de *kitting* utilizando AGVs. Cada AGV transporta 4 *kits*, assim cada *kit* é específico para um motor. A linha é segmentada em 4 partes, e cada AGV abastece uma parte. A área de preparação dos *kits* é denominada de *picking* e é dividida em 4 zonas (*kitting A*, *kitting B*, *kitting C* e *kitting D*), cada zona abastece uma parte da linha de montagem do motor. Na área de *picking* existe duas preparações de componentes ou submontagens (Preparação 1 e Preparação 2), Figura 22.

Figura 22 - Esquemático da linha de montagem de motores e área picking



Fonte: Acervo pessoal

A área de *picking* é dividida em dois lados A e B, cada lado corresponde a uma parte do evento, o lado A é composto pela área de preparação 1 e *kitting A* e B, e o lado B é composto pela área de preparação 2 e *kitting C* e D. Para o lado A, o AGV dos *kitting A* e B entram pela mesma rota na área de preparação. O AVG do *kitting A* para próximo a área da preparação 1 e o operador do *kitting A* se desloca até a preparação 1 e pega os componentes submontados e deposita na caixa do AGV, depois libera o AGV até a parada no *kitting A*. Na sequencia o operador faz as pegas e depósitos dos componentes da área do *kitting A* no AGV e depois libera o AGV para

fazer a entrega na linha de montagem. O AGV do *kitting* B segue a rota até a área do *kitting* B, o operador faz a pega e os depósitos no AGV. Em sequência o operador do *kitting* B libera o AGV para o transporte dos componentes para a linha de montagem. Os dois operadores auxiliam na preparação 1.

Já o lado B, o AGV segue pela rota até o *kitting* C e operador pega e deposita os componentes no AGV. Ao final, o operador libera o AGV e faz uma preparação de um componente no *kitting* C. Dois componentes são preparados na área de preparação 2, o operador da preparação faz a preparação dos componentes e entrega em um móvel entre as áreas de preparação 2 e *kitting* C. O operador do *kitting* C deve deslocar até esse móvel para fazer a pega dos componentes e deslocar novamente para fazer o depósito no AGV. O AGV do *kitting* D segue a rota até o *kitting* D, o operador do *kitting* D faz as pegadas e os depósitos dos componentes no AGV, ao final é liberado o AGV e o operador faz uma preparação no *kitting* D. Um operador volante dá suporte aos operadores do lado B.

Cada parte da linha de montagem possui 3 AGVs, ou seja, cada *kitting* possui 3 AGVs a disposição para entregar os componentes no momento correto na linha de montagem. Exceto o *kitting* D que possui 2 AGVs. A lógica seguida é para cada parte um AGV deve estar sendo abastecido no seu *kitting*, um deve estar em trânsito e o último deve estar entregando as caixas em uma esteira na linha de montagem.

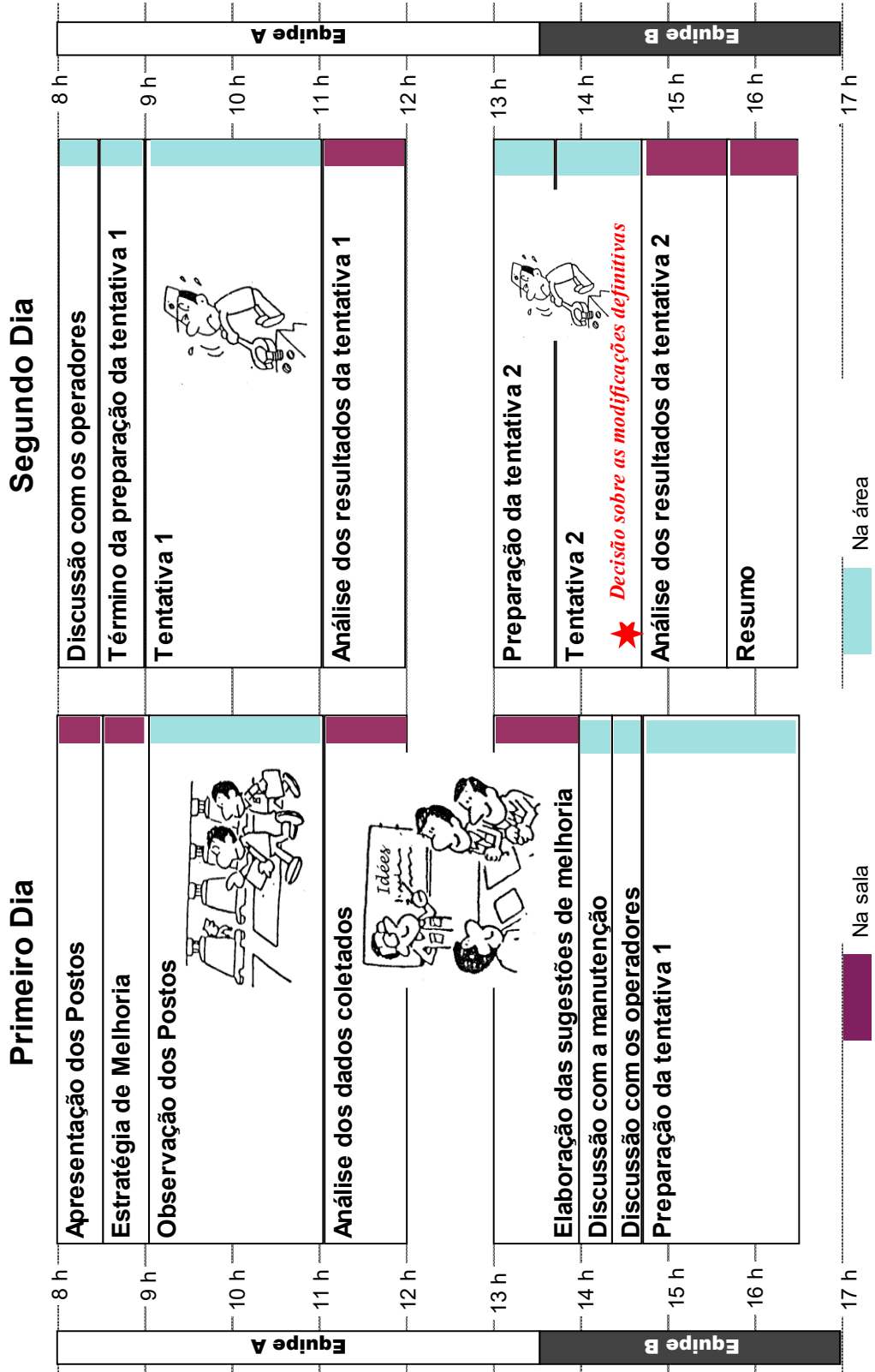
3.2 EVENTO KAIZEN

O evento foi dividido em duas partes, uma para estudar o lado A do *picking* e outra para o lado B. Cada parte possuiu a duração de 2 dias. A parte do evento *Kaizen* 2 Dias Lado A ocorreu nos dias 02 e 03 de outubro de 2017 e a parte do evento *Kaizen* 2 Dias Lado B ocorreu nos dias 24 e 25 de outubro de 2017.

Antes de cada parte do evento ocorreu um *pré-kaizen* executado pelo líder do evento e pelo responsável do sistema de produção da empresa, em cada *pré-kaizen* foram levantados dados para justificar a realização das partes do evento e escolher os envolvidos para o evento. Os envolvidos foram escolhidos de diferentes departamentos, para que a equipe fosse multidisciplinar e total disposição no evento. Os departamentos envolvidos foram, departamento de sistema de produção,

departamento de fabricação, departamento de qualidade, departamento de manutenção, departamento de logística e departamento de engenharia de processo. Cada departamento disponibilizou uma ou mais pessoas para o evento. Também foram envolvidos operadores da fabricação e a oficina *kaizen*, departamento onde ocorrem as melhorias. As partes do evento foram divididos nos mesmo formatos, conforme Figura 23.

Figura 23 - Formato do Kaizen 2 dias



Fonte: Acervo pessoal

A estrutura de cada parte do evento seguiu da seguinte forma, baseado no ciclo PDCA:

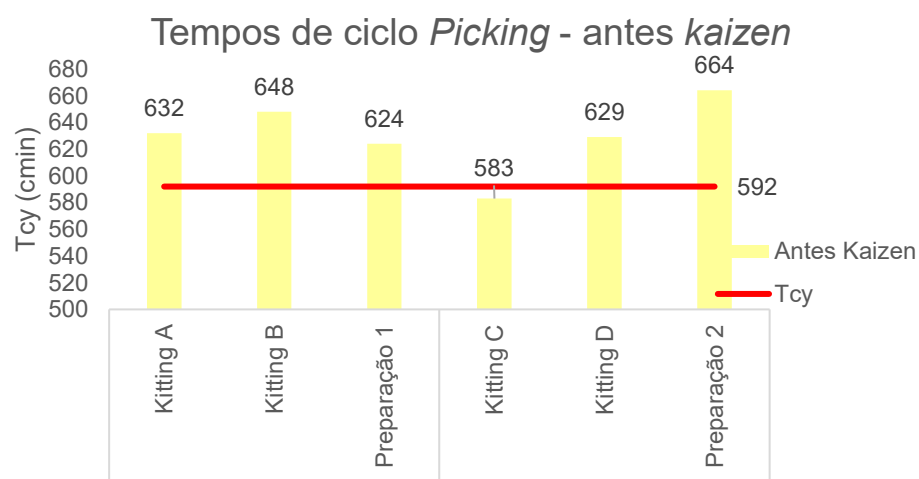
- Apresentação dos postos – foi realizado uma apresentação com as informações do pré-evento para a equipe *kaizen*, contextualização dos processos envolvidos e os indicadores. Nessa apresentação foram definidos os objetivos dos eventos;
- Estratégia de melhoria – foi apresentado, de forma superficial, a filosofia *kaizen* e como deve ser seguido o evento. Foram apresentadas as ferramentas utilizadas e orientações do evento;
- Observação no posto – a equipe *kaizen* se deslocou ao posto em análise para obter os dados utilizando das ferramentas de qualidade e de produção;
- Análise dos dados obtidos – foram analisados os dados conjuntamente e representados em folhas de papel A0. Cada envolvido apresentou os seus dados para a equipe;
- Elaboração das sugestões – na forma de *brainstorming* foram realizadas sugestões de melhorias, levantando os riscos de implantação, os custos e os retornos. Foram projetados os ganhos conforme objetivo inicial;
- Discussão com a manutenção – foi realizada uma discussão mais detalhada com o departamento de manutenção para avaliar se seria possível as mudanças e quando seria possível;
- Discussão com os operadores – foram apresentadas as sugestões para os operadores para recolher críticas das modificações. Com o *feedback* dos operadores, foram ajustadas as melhorias;
- Preparação da tentativa 1 – foram confeccionadas as primeiras melhorias, porém fora da área de preparação, e recolhidos recursos para a implantação da primeira tentativa;
- Discussão com os operadores – foi realizada mais uma conversa com os operadores para capitalizar mais sugestões de mudanças;
- Término da preparação da primeira tentativa – foram coletados os recursos necessários para a implantação da primeira tentativa;

- Tentativa 1 – implantação da primeira tentativa, nessa fase a implantação deve ser rápida e eficaz para que a linha de montagem não seja impactada;
- Análise da tentativa 1 – foram realizadas análise da primeira tentativa, obtenção de mais dados para uma nova tentativa;
- Preparação da tentativa 2 – recolhimento de recursos para a segunda tentativa;
- Tentativa 2 – implantação da segunda tentativa;
- Análise da tentativa 2 – recolhimento de novos dados para análise da tentativa 2 e análise dos objetivos alcançados;
- Resumo – capitalização do evento, análise dos resultados do evento, análise dos prós e contras do evento, análise do impacto da linha de montagem e sugestões para trabalhos futuros.

Ao final de cada parte do evento foi realizado uma apresentação para o comitê *Kaizen* com as informações coletadas, os objetivos alcançados e sugestões de melhorias futuras.

Nos pré-kaizen foram levantadas informações da situação do picking como tempo de ciclo, razão de VA x NVA e quantidade de operadores. Os seguintes dados coletados foram apresentados nos eventos, com os objetivos de atender o tempo de ciclo (592 cmin), redução para 5 operadores na área de picking e atingir 75% de valor agregado (VA), Gráfico 1 representa os tempos de ciclos medidos antes dos eventos e a Tabela 4 representa os dados antes do evento:

Gráfico 1 - Tempos de ciclo da área picking antes do evento Kaizen



Fonte: Acervo pessoal

Tabela 4 - Dados coletados no *pré-kaizen*

	<i>Kitting</i>		Preparação		<i>Kitting</i>	
	A	B	1	2	C	D
Nº de operadores	1	1	1,5	1,5	1	1
VA				45%		
NVA				55%		
Nº de passos	157		96	104	165	115

Fonte: Acervo pessoal

Ao final da apresentação dos objetivos, a equipe se deslocou até os postos de análise. Nos primeiros 30 min, a equipe fez um entendimento profundo do processo e de suas fronteiras. Foram distribuídos os formulários impressos com as ferramentas de qualidade e de produção para coleta dos dados, cronometro e lápis. Para a coleta dos tempos de cada operação, foi utilizado um formulário de sequenciamento de operações. Todo o trabalho, referente ao processo, do operador foi segmentando em partes, os inícios e o fins das partes foram definidos e os tempos de cada parte foram coletados. Ao final foi feita uma média dos tempos de cada parte. A Figura 24, representa o formulário de sequenciamento de operações.

Figura 24 – Formulário de sequenciamento de operações

Fonte: Acervo pessoal

Para a coleta de dados dos deslocamentos percorridos pelos operadores foi utilizado um formulário de contagem de passos. Foi realizada uma análise para entender qual são os processos dos operadores, depois foi desenhado um croqui para a área analisada. O caminho que os operadores percorrem foram desenhados e os passos contados, e ao final foi contado quantos passos cada operador utiliza para fazer um ciclo inteiro do processo, a Figura 25 representa o formulário.

Figura 25 - Formulário de contagem de passos

Fábrica :
 Área observada :

Observador :
 Data :

Análise dos Deslocamentos em um Posto Fixo

Antes	Depois
Número total de passos : Quantidade passos	Número total de passos :

Fonte: Acervo pessoal

Os desperdícios foram analisados com um formulário e observações no posto em análise. As operações foram segmentadas nas mesmas partes do formulário de coletas de tempos das operações e analisados os 7 desperdícios, e feitos comentário no que poderia ser eliminado ou melhorado, a Figura 26, representa o formulário.

Figura 26 - Formulário de levantamento dos desperdícios

Fábrica : Observador :

Área observada : Data :

Folha de Levantamento de Observações dos Desperdícios

Tipo de Desperdício	Movimentos								Observações		
	Gestos Inúteis	Mvto de Grande Amplitude	Deslocamento Imporante	Gestos Não-Simultâneos	Má Ergonomia	Estoques	Produção de Defeitos	Operações sem Valor Agregado		Transporte / Movimentação	Inatividade
Seqüência											

Fonte: Acervo pessoal

Para a atividade acontecem freqüentemente, como troca de embalagens, correções de falhas no processo, entre outros, foi utilizado um formulário de operação não cíclicas. Com auxílio de um cronometro, foi cronometrado o tempo do início do processo até o seu termino, geralmente esse tempo ultrapassa o tempo de ciclo. A cada processo finalizado foi comentado o que ocorreu fora do processo ideal. Na Figura 27, representa o formulário.

Figura 27 - Formulário de levantamentos das operações não cíclicas

Fábrica : Observador :

Área Observada : ... Data :

Folha de Levantamento das Operações Não-Cíclicas

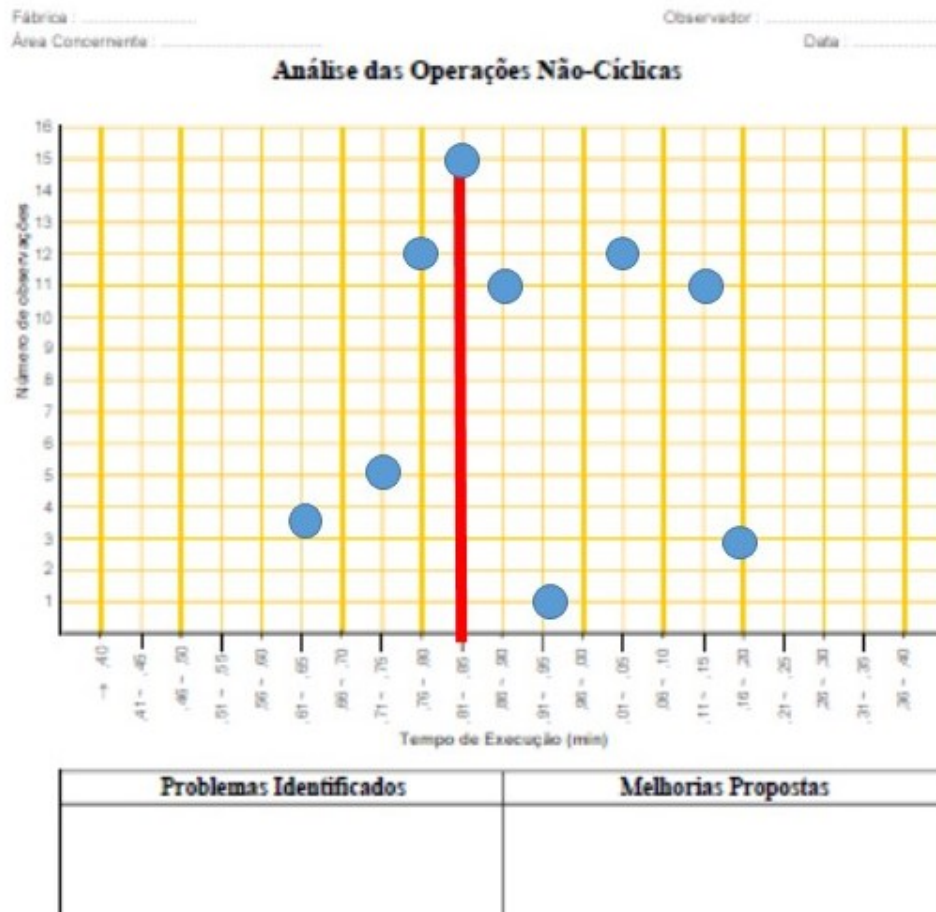
Ciclo n°	Tempo de Execução	Observações
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Fonte: Acervo pessoal

Ao final da coleta de dados (observação ao posto) foi dado início a análise dos dados coletados. A equipe se deslocou para uma sala de reuniões para análise.

Com os dados obtidos foram alimentados os gráficos de análise e planilhas de controle. Com os dados obtidos do formulário de não cíclicas, foi realizado o gráfico de análise de não cíclicas. Foi pego o maior tempo de um processo realizado e dividido em partes iguais, os tempos de cada processo foram plotados em um gráfico de dispersão com a frequência no intervalo de tempo que ocorreram. Foi traçada uma linha no intervalo onde o tempo de ciclo deve ser atingido, e todos os pontos que ficaram além do tempo de ciclo foram analisado e propostas melhorias, a Figura 28 representa o gráfico.

Figura 28 - Gráfico das operações não cíclicas



Fonte: Acervo pessoal

Foram utilizados os dados coletados com os demais formulários para propor melhorias, quantificar os ganhos e priorizar as melhorias. O formulário utilizado foi de tamanho A0 e semelhante a ferramenta 5W2H. A Figura 29, representa o formulário.

Na preparação das tentativas e nas implantações foram utilizados software para mudança de *lay-outs*, fabricação de novos móveis de abastecimento dos componentes no *picking*, mudança das rotas e programações dos AGVs, alteração de sequencias de operações, treinamento dos operadores e estudo de mudança dos e mudanças de equipamentos.

Com a implantação realizada, foram coletados novamente dados com os mesmos formulários e atualizado os gráficos. Ao final da implantação, também, foi realizado a capitalização das ações, essa etapa foi realizada uma reunião com todos os envolvidos e discutidos as ações positivas e as negativas, para as ações negativas foram discutidas a causa e o que poderia ser realizado para que ela fosse positiva. Todas as informações foram apresentadas para o comitê *Kaizen* no *gemba* e deu-se início a fase de padronização do novo processo.

3.3 INDICADORES

A fim de medir os resultados, o facilitador do evento escolheu os seguintes indicadores para monitoramento dos resultados:

- Tempo de ciclo – Tempo necessário para completar a montagem de quatro caixas *kits*, ou seja, o tempo gasto para o operador realizar as atividades propostas no seu posto de trabalho deve ser menor que o tempo de ciclo da linha de montagem;
- Valor agregado – aumentar o percentual de atividade que agregam valor ao produto e reduzir as atividades que não agregam, ou seja, eliminar os desperdícios para que o processo fique mais produtivo;
- Deslocamento – diminuição dos deslocamentos que os operadores realizam. Quando o operador está se deslocando se deslocando, não está sendo agregado nenhum valor ao produto;
- Operadores – diminuição dos operadores auxiliares ou volantes, são operadores que executam as atividades que os operadores dos postos não conseguem fazer por causa do processo com muitos desperdícios;

- Área disponível – redução da área utilizada para realizar os processos, ou seja, as áreas não utilizadas pelos operadores podem ser utilizadas para outros fins.

Os indicadores escolhidos para a estruturação dos resultados obtidos para esse trabalho foram os mesmos escolhidos pelo facilitador do evento.

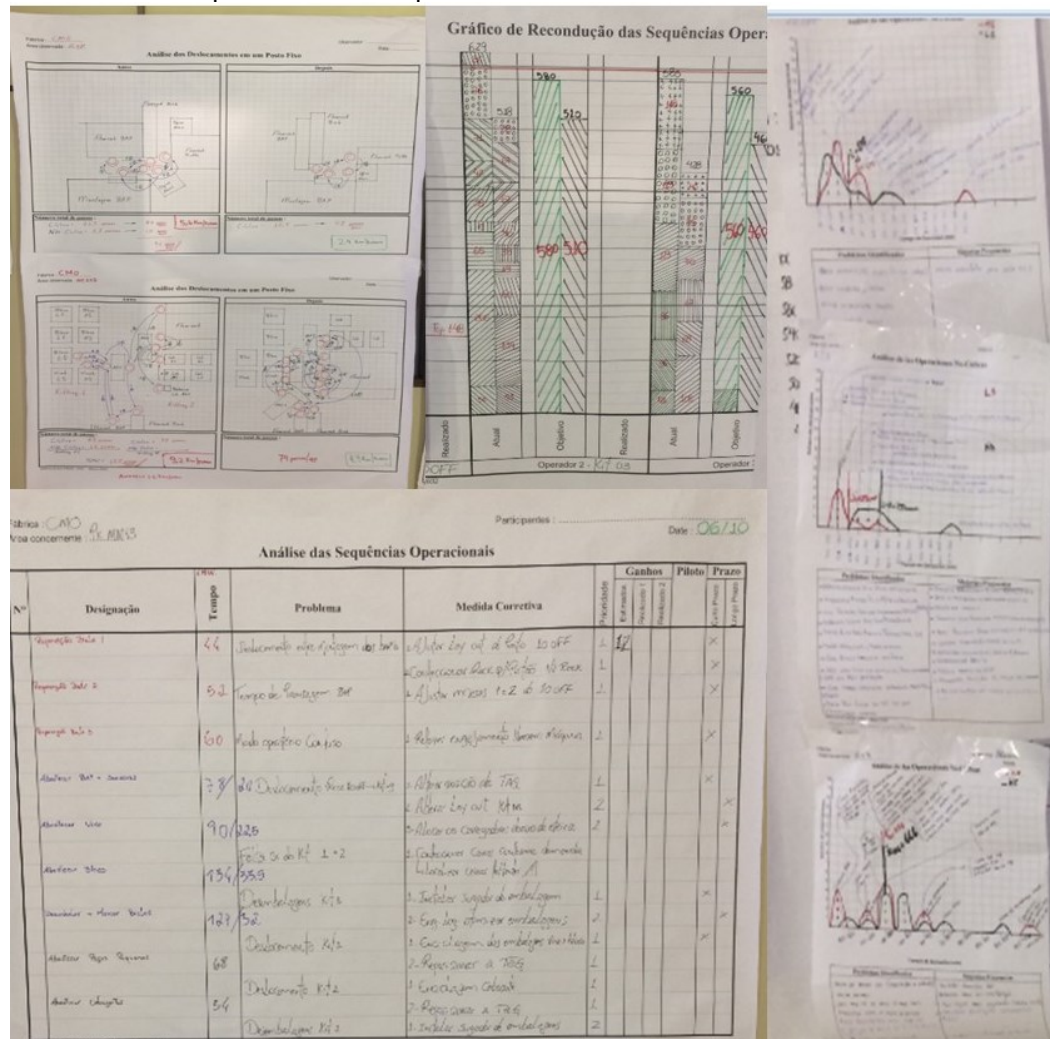
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Utilizando das propostas de melhorias, foram confeccionados moveis *flowrack* que utiliza a força da gravidade para o abastecimento e aproximação dos componentes para os operadores. Um dos grandes desafios da preparação de *kit* são as embalagens dos componentes de grandes dimensões. São embalagens do tipo base rolante, e por possuírem grandes dimensões, dificultavam as trocas das bases e a pega dos componentes no interior delas. A solução encontrada foi a modificação do *lay-out* possibilitando um menor deslocamento do operador. Lixeira de descarte de embalagens plásticas foram reposicionadas mais próximo dos operadores. Os engajamentos homem-máquina foram refeitos levando em consideração os tempos de máquinas e tempos de deslocamentos. Foram realizadas mudanças no *lay-out* priorizando o engajamento homem-máquina e o conceito celular.

Foram feitas alterações nas rotas dos AGVs aproximando do operador, reprogramando as paradas e em determinados pontos, o AGV continua em movimento e o operador deposita os últimos componentes, com esse engajamento resultou em ganho de tempo de ciclo.

Na Figura 31 apresenta os formulários preenchidos e expostos para apresentação. Os formulários foram preenchidos à mão, pois é a maneira tradicional do conceito *kaizen*.

Figura 31 - Formulários preenchidos e expostos



Fonte: Acervo pessoal

4.1 TEMPO DE CICLO

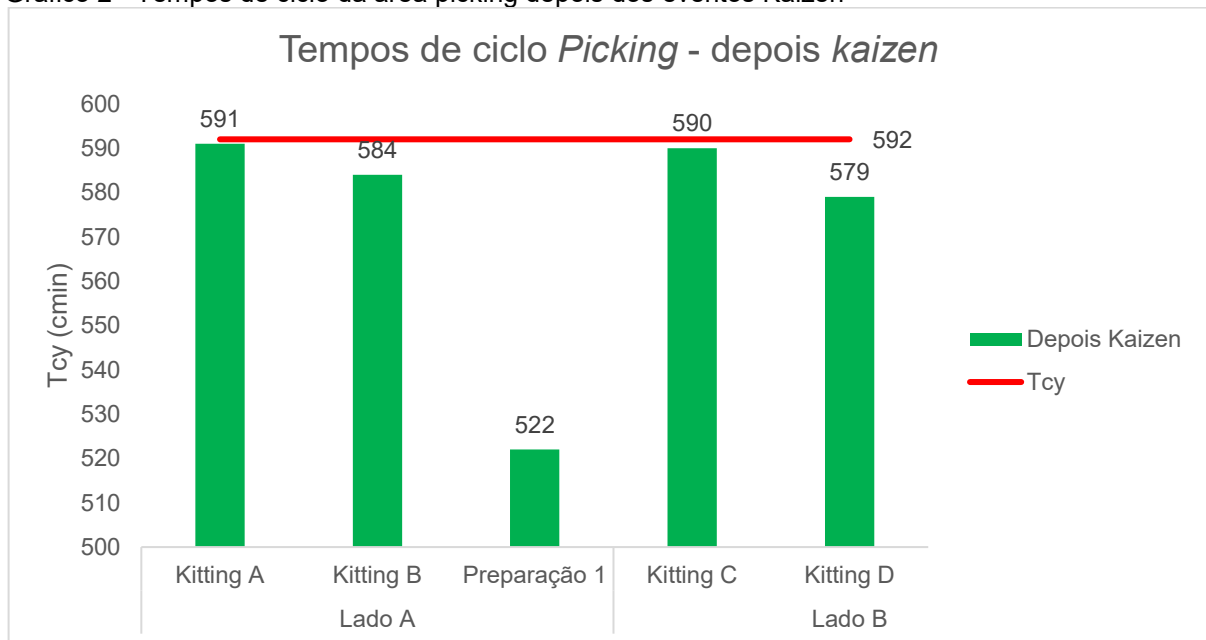
Todos os tempos de ciclo foram atingidos. Utilizando de uma reorganização do *lay-out*, os moveis foram aproximados dos operadores diminuindo as distâncias percorridas, assim diminuindo o tempo gasto para execução da atividade. Foi aumentado o comprimento do móvel de esteira que liga a área de preparação 1 com o *kitting* A, diminuindo assim a distância de pega, anteriormente entre a preparação 2 e o *kitting* C possuía uma distância desnecessária que ocasionava em deslocamentos excessivos. As bases rolantes, que são gaiolas de aço que comportam componentes de média e grandes dimensões, foram reposicionadas a fim de melhorar as trocas de vazias pelas cheias, diminuindo o tempo de enciclagem (troca da base vazia por uma

cheia). Foi colocada uma lixeira próximo as bases rolantes para facilitar os descartes das embalagens.

No *kitting* B, os componentes dos moveis forma reorganizados e assim reduzindo a largura do móvel. Antes do evento, os moveis estavam superdimensionados, ou seja, existia muito mais componentes do que o necessário, aumentando o tamanho dos móveis, essa situação estava ocorrendo tanto no lado A, quanto no lado B. Lixeiras foram aproximadas e as distâncias entre o *kitting* A e o *kitting* B foi diminuída, aproximando o operador do AGV. Com o engajamento homem-máquina na preparação 1, conseguiu reduzir um operador no lado A. Assim um operador consegue abastecer o *kitting* A e o *kitting* B. Antes do evento, existia um operador para dar suporte ao operador do posto, deste modo esse operador volante estava sub-engajado (ocioso).

No lado B. A bancada de preparação 2 foi deslocada, aproximando do *kitting* C e do *kitting* D. Uma esteira foi fabricada interligando a preparação 2 e o *kitting* B, eliminando o deslocamento de pega e o deslocamento de deposito de componentes no AGV do operador do *kitting* B. Anteriormente a pega e o deposito dos componentes na preparação 2 possuía má ergonomia, aumentando o tempo de pega e deposito dos componentes. Uma base rolante de componentes grandes foi movimentada da preparação 2 para o *kitting* D e uma esteira foi fabricada interligando-os, reengajando os operadores. Os moveis do *kitting* C foram reorganizados e aproximados do operador, diminuindo o tempo gasto para pegas. O mesmo aconteceu no *kitting* D. Conforme , Gráfico 2 representa os tempos de ciclos obtidos.

Gráfico 2 - Tempos de ciclo da área picking depois dos eventos Kaizen



Fonte: Acervo pessoal

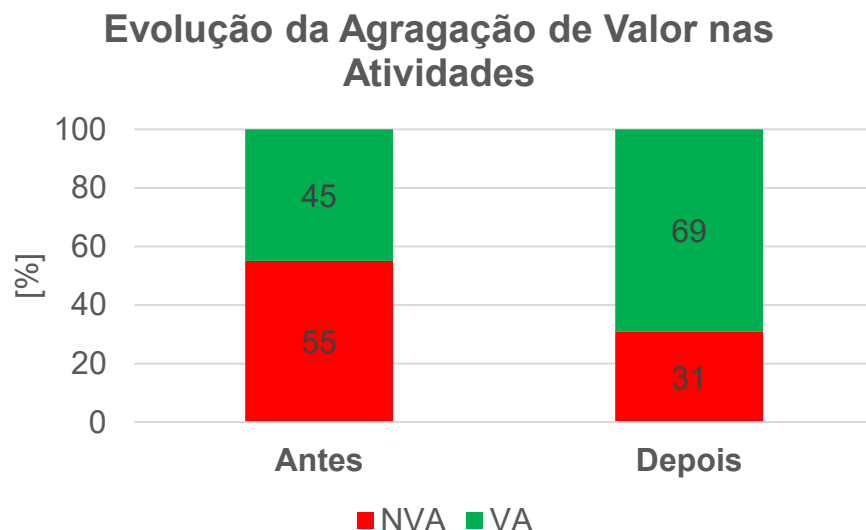
Utilizando de várias mudanças, os tempos de ciclos foram atendidos, ou seja, os tempos das operações foram reduzidos. Assim o cliente (linha de montagem) não será desabastecido.

4.2 VALOR AGREGADO

Um dos objetivos dos eventos era o aumento do valor agregado (VA). Por ser uma área anexa e anterior a linha de montagem, todos os valores não agregados (NVA) são empurrados para o *picking*. Desta forma, atividades que não podem estar na linha, como retirar embalagem, inspeções e marcações, continuaram na área de *picking*. Porém para diminuir o valor não agregado, a principal ação foi diminuir o tempo de deslocamento dos operadores, os deslocamentos estavam excessivos e ocasionava a situação de um posto com má ergonomia. Foram modificados e fabricados moveis mais enxutos, com a organização dos componentes nos moveis com uma lógica que diminuiu os deslocamentos e aumentou as pegas simultâneas. Antes do evento, as pegas dos componentes possuíam má ergonomia, aumentando o tempo de pega e aumentando o NVA. Os moveis foram aproximados, lixeiras foram aproximadas, e as enciclagens foram reorganizadas a fim de ganhar tempo. As rotas

dos AGVs foram reorganizadas melhorando a ergonomia e as pegas dos componentes. Os AGVs, também, foram reprogramados eliminando paradas desnecessárias e as velocidades aumentadas em alguns trechos, situação recorrente antes do evento *Kaizen*. As paradas demandavam carga de trabalho para os operadores, ou seja, os operadores paravam as atividades dos postos para se deslocar até ao AGV e fazer a liberação, com a reprogramação essas paradas foram eliminadas. As atividades que agregam valor passaram de 45% para 69%, não atingindo o objetivo de 75%, porém por se tratar de uma área onde possui muito NVA, o resultado foi compatível, conforme Gráfico 3.

Gráfico 3 - Evolução da agregação de valor nas atividades



Fonte: Acervo pessoal

4.3 DESLOCAMENTO DOS OPERADORES

A área de *picking* foi concebida de uma forma que os operadores se deslocassem muito. Outra característica que existia no *picking*, era da recomendação de deslocar os NVAs da linha de montagem e para o *picking*, deste modo o *picking* possuía mais atividades do que foi planejada, aumentando os deslocamentos. Os deslocamentos dos operadores foram diminuídos. As ações que mais surtiram efeito foram a aproximação dos moveis e reorganização dos componentes nos moveis. Os componentes foram reorganizados de tal forma que o operador pode pegar mais de

um tipo de componente em uma ida ao móvel. O reengajamento, auxiliado com a mudança dos *lay-outs*, resultaram em uma diminuição expressiva de passos.

Os moveis novos (esteiras) auxiliaram muito na redução dos deslocamentos, uma vez que os componentes chegam mais próximo do operador. O resultado dos eventos foi de 637 passos para 347 passos, uma redução de 45%, melhorando o *kitting* C que possuía problemas de ergonomia devido aos deslocamentos excessivos.

4.4 NÚMERO DE OPERADORES

A redução de 7 operadores para 5 cinco atingiu o objetivo proposto. Com o reengajamento homem-máquina das áreas de preparação, foi possível a redução. A diminuição das distancias e o sequenciamento de pegas, auxiliaram na redução também. Assim foram eliminadas os tempos ociosos. Os operadores foram reengajados em outras atividades da fábrica.

4.5 ÁREA DISPONÍVEL

Com a reorganização do *lay-out*, a área disponível dentro da área de *picking* foi reduzida de 43 m² para 117 m². Essa redução auxilia nas movimentações das empilhadeiras e rebocadores, diminuindo a possibilidade de acidentes.

As ferramentas utilizadas foram de baixo custo, grande parte do evento foram utilizados de formulário impressos, canetas e cronômetros. O princípio do *Genchi Genbutsu*, que é ir até o local do trabalho e entender profundamente o problema é de extrema importância dentro da filosofia lean, sem esse entendimento as melhorias são superficiais, resultando em uma alta probabilidade de não satisfazer completamente a solução do problema. A Tabela 5, apresenta os resultados de forma macro.

Tabela 5 - Dado coletados após a realização dos eventos Kaizen

	Kitting A / B	Preparação 1	Preparação 2	Kitting C	Kitting D
Nº de operadores	1	1	1	1	1
VA			69%		
NVA			31%		
Nº de passos	74	42	43	120	68

Fonte: Acervo pessoal

4.6 DEMAIS ANÁLISES

Outro princípio do pensamento lean é a gestão visual, deve-se preencher e representar os gráficos manualmente, assim o foco é concentrado em cada etapa do processo de solução de problemas. A ferramenta CAD, foi utilizada somente para reorganização do lay-out, as demais ferramentas lean foram utilizadas na forma de papéis, acarretando em uma curva de aprendizado mais rápida e disseminando o entendimento do pensamento lean.

A realização dos eventos *kaizen* 2 dias resultaram em uma redução de custo de R\$ 0,75 por motor, equivalendo um montante de R\$ 240.000,00 anuais na linha de motores 1.0l.

Além dos resultados de redução de custos, os eventos promoveram uma melhor dinâmica entre os departamentos envolvidos. Os envolvidos adquiriram nova habilidades em soluções de problemas e o conceito *kaizen* foi disseminado ainda mais dentro da empresa, já que é um dos pilares do sistema de produção da empresa.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que a melhoria contínua é um conceito *lean* eficiente em redução de custos de produção, utilizando de soluções simples e poucos recursos, O pensamento *lean* aplicado na preparação de kit resultou em uma redução de 7 par 5 operadores, uma redução de 28,5% de custo operacional. Essa redução de operador no *picking* refletiu em um nivelamento de atividades entres os operadores.

Os deslocamentos são desperdícios que existiram em qualquer atividade de *kitting*, porém a redução foi de 637 passos para 347 passos, uma redução de 45% em deslocamento. Assim essa redução de desperdício pode ser utilizada para auxiliar no reengajamento dos operadores e assim, novamente, auxiliou no nivelamento das atividades.

E a parcela de NVA passou de 45% para 31%, reduzindo em 33, 3% a parcela de valor não agregado, não atingindo o objetivo de 75% VA. Porém, por se tratar de uma área de preparação, é evidente que exista muitas atividades que não agregam valor ao produto. Assim o valor de 69% de VA é aceitável para o *picking*.

Todos os ganhos resultaram em uma redução de R\$ 0,75 no custo de fabricação do motor, gerando uma economia de R\$ 240.000,00 anual na fabricação.

A equipe multifuncional possuiu um aprendizado de soluções de problemas com soluções simples e de baixo custo, aumentando as habilidades e o entendimento do pensamento *lean*. Entretanto, a melhoria contínua deve ser empregada com outras ferramentas do pensamento *lean*, pois somente com um bom entendimento do pensamento *lean* que todos poderão seguir em uma única direção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANFAVEA. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2018**. São Paulo - SP: Anfavea, 2018. 152 p;

BOZER Y. A., MCGINNIS L. F. **Kitting versus line stocking**: A conceptual framework and a descriptive model. *International Journal of Production Economics* 28, p. 1-19. 1992.

BRYNZER H., JOHANSSON M.I. **Design and performance of kitting and order picking systems**. *International Journal of Production Economics* 41, 1995. p. 115-125.

CARLSSON, O.; HENSVOLD, B. **Kitting in a high variation assembly line**: A case study at Caterpillar BCP-E. 2007. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Industrial Engineering And Management, Epartment Of Applied Physics And Mechanical Engineering And Department Of Business Administration And Social Sciences, Luleá University Of Technology, Leicester, 2007;

DING F. Y. **Kitting in JIT production**: A kitting project at a tractor plant. *Industrial Engineering*, p. 42-43. 1992;

EAIDGAH, Y. et al. Visual management, performance management and continuous improvement. **International Journal Of Lean Six Sigma**, [s.l.], v. 7, n. 2, p.187-210, 6 jun. 2016. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ijlss-09-2014-0028>;

GRZECHCA, W. Assembly Line Balancing Problem: Final Results of Assembly Line Balancing Problem. In: GRZECHCA, Waldemar. **Assembly Line**: Theory and Practice. Rijeka: Intech, 2011. Cap. 1. p. 3-12;

HAMEL, M. R.; BYRNE, A. **Kaizen Event Fieldbook**: Foundation, Framework, and Standard Work for Effective Events. Southfield, Mi: Society Of Manufacturing Engineers, 2010. 274 p;

HOLANDA, V. B.; RICCIO, E. L. **A utilização da pesquisa-ação para perceber e implementar sistemas de informações empresariais**. In: 13th Asian Pacific, 2001, Rio de Janeiro, 2001.

HOMOPOULOS, N. T. **Assembly Line Planning and Control 123**. Chicago - IL: Springer, 2014. 152 p;

INTERNATIONAL ORGANIZATION OF MOTOR VEHICLE MANUFACTURES. Production Statistics. **2017 Production Statistics**. Disponível em <<http://www.oica.net/category/production-statistics/2017-statistics/>> Acesso em: 07 mar. 2018;

JOHANSSON, M. L. **Kitting system for small parts in manual assembly**. Production Research Approaching the 21st Century. London: Taylor & Francis, 1991. 225-300;

JOHANSSON, E.; JOHANSSON M. I. **Materials supply systems design in product development projects**. International Journal of Operation & Production Management; 2006. 371-393 p;

KOERICH, M. S.; BACKES D. S.; SOUSA F. G. M.; ERDMANN, A. L.; ALBURQUERQUE, G. L. **Pesquisa-ação**: ferramenta metodológica para a pesquisa qualitativa. Revista Eletrônica de Enfermagem, Goiânia, v. 11, n. 3, p.717-723, 30 set. 2009;

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota**. Porto Alegre - Rs: Bookman, 2005. 300 p. Traduzido por: Lene Belon Ribeiro;

LIKER, J. K.; FRANZ, J. K. **O Modelo Toyota de Melhoria Contínua**. Porto Alegre - RS: Bookman, 2013. 447 p. Traduzido por: Francisco Araújo da Costa;

ODPPES, L. E. **Estudo da Aplicação da Ferramenta Kitting**: Um estudo de caso na indústria automotiva. 2015. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica,

Departamento de Engenharia Mecaânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015;

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala.** Porto Alegre - RS: Bookman, 1997. 147 p.;

SALEH, S. S. **Assembly Line Kitting: Foam Mold Material Substitute.** 2016. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Industrial Engineering, Faculty Of California Polytechnic State University, San Luis Obispo, 2016;

SARTI, F.; BORGHI, R. A. Z. Evolução e desafios da indústria automotiva no Brasil: Contribuição e debate. **Friedrich Ebert Stiftung Brasil.** São Paulo, p. 1-20. out. 2015;

SCHWIND G. F. **How storage systems keep kits moving.** Material handling engineering 47(12), p. 43-45. 1992;

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Lean Synchronization. In: SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Operations management.** 6. ed. Londres: Pearson Education Limited, 2010. Cap. 15. p. 429-456;

MARTIN, K.; OSTERLING, M. **The Kaizen Planner: achieving rapid improvement in office, service, and technical environments.** Nova York, Ny: Productivity Press, 2007. 242 p;

MIKA, G. **Kaizen Event Implementation Manual.** Dearborn: Society Of Manufacturing Engineers, 2006. 236 p;

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS. Competitividade Industrial. **Setor Automotivo.** Disponível em <
<http://www.mdic.gov.br/index.php/competitividade-industrial/setor-automotivo>>
Acesso em: 07 mar. 2018;

RODRIGUES, M. V. **Ações para Qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro - Rj: Elsevier, 2012. 331 p;

RODRIGUES, M. V. **Entendendo, aprendendo e desenvolvendo sistemas de produção Lean Manufacturing**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 152 p;

WERKEMA, C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Rio de Janeiro - Rj: Elsevier, 2013. 197 p;

WOMACK, J. P.; JONES, D. T; ROOS, D,. **A máquina que mudou o mundo**: Baseado no estudo do Massachusetts Institute of Technology sobre o futuro do automóvel. 10. ed. Rio de Janeiro - RJ: Campus, 1992. 347 p. Tradução de Ivo Korytowski: The machine that changed the world.