

**Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Escola de Administração  
Departamento de Ciências Administrativas**

**Caroline Chagas Prates**

**AUMENTO DE EFICIÊNCIA NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE  
UMA INDÚSTRIA ELETRÔNICA: UM ESTUDO DE CASO**

**Porto Alegre  
2010**

**Caroline Chagas Prates**

**AUMENTO DE EFICIÊNCIA NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE  
UMA INDÚSTRIA ELETRÔNICA: UM ESTUDO DE CASO**

Projeto do Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Administração apresentado ao Departamento de Ciências Administrativas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Administração.

**Orientador: Prof<sup>a</sup>. Denise Lindstrom Bandeira**

**Porto Alegre  
2010**

**Caroline Chagas Prates**

**AUMENTO DE EFICIÊNCIA NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE  
UMA INDÚSTRIA ELETRÔNICA: UM ESTUDO DE CASO**

Projeto do Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Administração apresentado ao Departamento de Ciências Administrativas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Administração.

Conceito Final: \_\_\_\_\_

Aprovado em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.

- Escola de Administração - UFRGS

---

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Denise Lindstrom Bandeira - Escola de Administração - UFRGS

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por me permitir ter saúde e conseguir concluir esse trabalho.

À UFRGS pela oportunidade.

À empresa onde foi realizado esse trabalho e aos meus colegas que me permitiram pôr em prática uma parcela considerável do conhecimento adquirido na faculdade.

Aos professores em geral, mas em especial minha orientadora, por toda dedicação e disponibilidade.

Aos meus pais, sempre me apoiando e fazendo com que eu percebesse que todo o esforço possui a sua recompensa.

Ao meu namorado, pela compreensão e apoio tão necessários.

Aos meus amigos em geral, compartilhando dificuldades, alegrias e conhecimentos.

Enfim, agradeço a todos aqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para que a minha graduação fosse possível.

*"O sucesso normalmente contempla aqueles que estão ocupados demais para procurar por ele."*

*Henry David Thoreau*

## RESUMO

Este trabalho, que pode ser classificado como um estudo de caso, analisa o processo de fabricação dos tipos especiais na linha de produção Axial, buscando encontrar pontos falhos que levam à ineficiência. O mesmo foi desenvolvido na empresa EPCOS do Brasil Ltda.

Com relação à estrutura do trabalho, inicialmente a empresa é conceituada para que seja possível ter um melhor entendimento da área de atuação. Em seguida, são levantados aspectos da literatura que auxiliam a análise proposta, além de embasar teoricamente os métodos que serão utilizados. Após, é realizado o mapeamento do processo buscando a identificação de gargalos e perdas além dos demais objetivos propostos. E, por fim, concluí-se propondo pontos de melhorias.

Levando-se em consideração os resultados encontrados, como, por exemplo, a identificação da operação gargalo e demais pontos limitantes do processo, pode-se afirmar que o presente trabalho conseguiu atingir os objetivos propostos e também contribuiu para a alavancagem da eficiência na empresa.

**Palavras-chave:** Mapeamento do Processo; Perdas; Gargalos e Restrições; IROG (Índice de Rendimento Operacional Global).

## ABSTRACT

This work, which can be classified as a case study, analyzes the manufacturing process of special types in the Axial production line, in order to find defective points that *lead* to inefficiency. It was developed at EPCOS of Brazil Ltda.

Regarding the structure of the work, initially, the company is introduced to create a better understanding of its field of action. Then, aspects of literature are raised to assist in the analysis of the proposal and to explain theoretically the methods which are going to be used. After, the process is mapped to check the bottlenecks and losses besides other proposed objectives. By the end of this study, points of improvement are suggested.

Taking into account the results, for example, the identification of the bottleneck operation, and other limiting points of the process, it's possible to assure that this work was able to achieve the proposed goals and also helped to leverage the efficiency within the company.

**Keywords:** Process Mapping; Losses; Bottlenecks and Constraints; IROG (Index of Global Operating Income).

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES - FIGURAS

Figura 1 – Produto Elefantino.....	21
Figura 2 – Produto <i>Soldering star</i> .....	22
Figura 3 – Operação de solda .....	23
Figura 4 – Benefícios citados por três montadoras na implantação do <i>lean</i> em conjunto com fornecedores .....	25
Figura 5 – Elementos do fluxo.....	28
Figura 6 – Datas de liberação de materiais de acordo com datas do pedido e do tambor .....	34
Figura 7 – Fórmula do IROG .....	34
Figura 8 – Mapeamento do fluxo de produção.....	41
Figura 9 – Mapeamento do fluxo de produção agregando tempos de atravessamento ..	44
Figura 10 – Mapeamento do fluxo de produção com identificação do RRC e gargalo.....	48
Figura 11 – Mapeamento do fluxo de produção agregando simbologia dos elementos...	53

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES - GRÁFICOS

Gráfico 1 – Eficiência das operações .....	50
Gráfico 2 – Análise das perdas .....	52

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES - QUADROS

Quadro 1 – Dados observados nas medições das operações .....	39
Quadro 2 – Quadro de funcionários .....	42
Quadro 3 – Dados de capacidade .....	43
Quadro 4 – <i>Lead times</i> mensurados.....	45
Quadro 5 – Características dos equipamentos.....	47
Quadro 6 – Dados de disponibilidade dos equipamentos das operações de transformação..	47
Quadro 7 – Eficiência das operações.....	49
Quadro 8 – Tempo de agregação e não agregação de valor.....	51
Quadro 9 – Classificação das perdas inerentes ao processo .....	51
Quadro 10 – Plano de ação .....	54
Quadro 11 – Objetivos propostos x resultados obtidos .....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DBR	Drum-Buffer-Rope
EPCOS	Electronic Parts and Components
h	Hora
IROG	Índice de Rendimento Operacional Global
min	Minutos
MFP	Mapeamento do Fluxo Produtivo
NAFTA	North American Free Trade Agreement
OEE	Overall Equipment Efficiency
OPT	Optimized Production Technology
RRC	Recurso Restritivo de Capacidade
s	Segundos
TEEP	Total Effective Equipment Productivity
TOC	Theory Of Constraints
TPC	Tambor-Pulmão-Corda

## LISTA DE SÍMBOLOS

-  Estoque de matéria-prima
-  Movimentação
-  Operação de transformação
-  Espera do lote
-  Espera do Processo
-  Inspeção
-  Estoque de Produto

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1. SITUAÇÃO PROBLEMÁTICA .....	16
1.2. JUSTIFICATIVA.....	17
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>19</b>
2.1. OBJETIVO GERAL.....	19
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
<b>3. A EMPRESA</b> .....	<b>20</b>
3.1. HISTÓRICO EPCOS.....	20
3.2. O PROCESSO DE PRODUÇÃO DOS TIPOS ESPECIAIS .....	21
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>24</b>
4.1. MENTALIDADE ENXUTA NAS EMPRESAS .....	25
4.2. MAPEAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO .....	27
4.3. TEMPO DE CICLO.....	29
4.4. <i>LEAD TIME</i> .....	29
4.5. GARGALOS E RESTRIÇÕES.....	30
4.6. TOC – <i>THEORY OF CONSTRAINTS</i> .....	32
4.7. IROG – ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL .....	34
4.8. IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS .....	35
4.9. <i>KAIZEN</i> .....	36
<b>5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>38</b>
<b>6. DESENVOLVIMENTO PRÁTICO</b> .....	<b>41</b>
6.1. MAPEAMENTO DO FLUXO PRODUTIVO .....	41
6.2. TEMPO DE CICLOS, ATRAVESSAMENTO E <i>LEAD TIME</i> .....	42
6.1. IDENTIFICAÇÃO DOS GARGALOS E RESTRIÇÕES.....	45
6.2. MENSURANDO A EFICIÊNCIA DAS OPERAÇÕES .....	48
6.3. IDENTIFICAÇÃO DAS PERDAS .....	50
6.4. SUGESTÕES DE MELHORIAS .....	53
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>58</b>
<b>ANEXO 1</b> .....	<b>59</b>
<b>ANEXO 2</b> .....	<b>60</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O cenário de competitividade em que se encontra o mercado, atualmente, gera a busca constante pela excelência no âmbito empresarial. Essa busca, por sua vez, demanda de um conhecimento minucioso de todos os recursos da empresa, principalmente no que se refere à área produtiva, onde realmente acontece a agregação de valor ao produto final e também impactam as maiores consequências provenientes da variabilidade do mercado.

Slack *et al.* (1999, p. 29) reforçam que “A função produção é central para a organização porque produz os bens e serviços que são a razão de sua existência”. Nesta mesma obra os autores também contribuem com aspectos mercadológicos. Conforme Slack *et al.* (1999, p. 42), “O ambiente turbulento em que a maioria das organizações faz negócios significa que a função produção está tendo que se ajustar continuamente às circunstâncias mutantes. A produção é vulnerável às incertezas ‘ambientais’ em termos de oferta e demanda.”. Em função disso, o aperfeiçoamento dos processos produtivos torna-se um objetivo perseguido por praticamente todas as empresas. Faz-se necessário atingir níveis elevados de produtividade.

A preocupação pela eficiência no setor de produção teve origem na Administração Científica, também conhecida como Taylorismo, no qual o estudo de “tempos e movimentos” foi crucial para o desenvolvimento econômico. Após o fim da Primeira Guerra Mundial, foi a vez de Henry Ford lançar “O Fordismo”, baseado na produção em série. Segundo Motta e Vasconcelos (2008, p. 32):

Henry Ford desenvolveu e aperfeiçoou o sistema de trabalho em linhas de montagem por meio da fabricação em série do Ford Bigode preto, fabricado em larga escala e a baixo custo, o que permitiu a popularização dos automóveis na época. Seu sistema baseava-se em plataformas volantes (vagões) que transportavam as peças de um lugar para o outro na linha de montagem. Dessa forma, os operários podiam permanecer em seus postos de trabalho, movimentando-se na fábrica o mínimo possível e ganhando tempo.

O Japão também apresentou importante contribuição. Após a Segunda Guerra Mundial, a indústria automotiva japonesa, em função da sua realidade socioeconômica, desenvolveu o modelo de produção enxuta, visando minimizar desperdícios. Eiji Toyoda e Taiichi Ohno foram os responsáveis pela implantação do

modelo e o mesmo apresentou vantagem significativa comparada à produção em massa proposta por Ford (WOMACK E JONES, 2008).

O aperfeiçoamento dos processos produtivos faz-se necessário, pois, nos dias atuais, não é através do aumento dos preços que se atinge o lucro esperado, ao contrário, a oferta de produtos é alta e a vantagem competitiva dá-se no preço do produto final. Para não abrir mão dessa vantagem, as empresas trabalham na redução dos custos e é nesse ponto que a produtividade elevada, bem como a produção eficiente, ganham importância. De acordo com Corrêa e Corrêa (2004, p. 171):

[...], num ambiente crescentemente competitivo, em que frequentemente disparam-se embriões de guerras de preço pela relativa pouca diferenciação dos produtos, é importante que as empresas tenham bom controle sobre suas eficiências, já que só uma operação com alta produtividade permitirá que mercadologicamente se possa ser agressivo em reduções de preço.

É necessário produzir o máximo, minimizando as perdas, tanto de recursos quanto de tempo.

Além disso, a necessidade de economizar recursos em prol da sustentabilidade também tem sido um argumento bastante ascendente na atualidade. Não se pode esbanjar, muitos recursos estão escassos e possuem tempo de vida bastante limitado. Se usados, devem realmente se converter em produtos e não em desperdícios. Vellani e Ribeiro (2008, p. 26) citam, entre outros, o aumento da eficiência no uso de insumos como uma prática ambiental:

Uma ação ecológica empresarial (ou atividade ambiental) representa um conjunto de tarefas correlatas e inter-relacionadas com uma finalidade comum e específica de proteção dos ecossistemas. Programas que visam ao tratamento do efluente; a reciclagem de resíduos permitindo seu reuso ou sua venda; o aumento da eficiência no uso de insumos; a obtenção de certificações; educação ambiental; preservação e recuperação dos ecossistemas são exemplos de ações ecológicas empresariais.

Porém, atingir níveis elevados de produtividade não é fácil, requer estudo e experiência. Faz-se necessário conhecer o processo em que se está atuando, saber suas limitações e atuar, preferencialmente, de forma preventiva. Após o estabelecimento de um processo realmente eficiente, ainda é preciso controlar, ou seja, verificar se os resultados esperados estão realmente sendo atingidos. Esse controle acaba acontecendo basicamente através de indicadores específicos, os quais

devem buscar dados de alimentação em fontes confiáveis. Segundo Slack *et al.* (1999, p. 50):

A primeira responsabilidade de qualquer equipe de administração da produção é entender o que se está tentando atingir. Isso envolve dois conjuntos de decisões. O primeiro implica o desenvolvimento de uma visão clara do papel exercido pela produção na organização e a definição de como essa função deve contribuir para o atingimento dos objetivos organizacionais a longo prazo. O segundo inclui a tradução dos objetivos organizacionais em termos de implicações para os objetivos de desempenho de produção. Incluímos nos objetivos de desempenho de produção a qualidade dos bens e serviços, a velocidade em que eles são entregues aos consumidores, a confiabilidade das promessas de entrega, a flexibilidade para mudar o que é produzido e o custo de produção.

Por fim, cabe ressaltar que este trabalho, principalmente pelo fato de ser desenvolvido dentro de uma empresa do ramo automotivo, acaba sendo intrinsecamente ligado a todos os conceitos descritos anteriormente. Ele está estruturado em sete partes: a primeira introduz o assunto; a segunda define os objetivos do trabalho; a terceira contextualiza-o; a quarta refere-se à revisão bibliográfica; a quinta expõe os procedimentos metodológicos utilizados; a sexta foca o desenvolvimento prático do projeto dentro da empresa e, por fim, a sétima abrange as considerações finais deste estudo.

### 1.1. SITUAÇÃO PROBLEMÁTICA

A EPCOS do Brasil se defronta, atualmente, com a demanda de determinadas famílias de produtos maior do que a oferta. Isso gera atrasos na confirmação dos pedidos dos clientes e, é claro, perda de receita, visto que existem compradores, porém não há disponibilidade dos produtos.

Essa família de produtos é conhecida como "Especiais" e é classificada como um capacitor Axial em decorrência do *design* dos seus terminais. São utilizados em aplicações de alta vibração dentro da área automotiva e possuem um processo de produção muito peculiar, predominantemente manual. A concorrência é mínima, ou seja, o mercado mundial é atendido basicamente pelos produtos fabricados na EPCOS do Brasil e isso justifica a demanda elevada.

Por se tratar de um processo produtivo complexo, existe ineficiência em algumas operações e mau uso dos recursos como um todo. Além disso, trata-se de um processo novo e, por isso, não existe um conhecimento claro sobre os níveis de

produtividade, objetivos que devam ser traçados e de controles necessários ao acompanhamento. Ou seja, um estudo para aumentar a eficiência auxiliaria não apenas na produção de mais peças, mas, também, no conhecimento real das capacidades de produção bem como formas de controle que possam ser implantadas.

Não trabalhar na melhora da eficiência dos processos que envolvem a fabricação destes produtos e, até mesmo, em ampliação de capacidades posteriores, é assumir comodidade com relação à elevação do faturamento, continuar com perdas desnecessárias e, também, dar espaço para a entrada de potenciais concorrentes no mercado, visto que é crescente a insatisfação dos clientes em decorrência dos prazos de entregas longos.

Para alcançar o aumento da eficiência, far-se-á necessária a realização de algumas ações, tais como: mapeamento do processo produtivo, medição dos tempos das operações e identificação dos gargalos e das restrições produtivas. A partir desses levantamentos será possível, posteriormente, realizar o balanceamento do fluxo de produção, reduzir o tempo de atravessamento e *lead time* de produção bem como propor outras potenciais melhorias.

Por fim, com o propósito de remeter a reflexões sobre o assunto, cabe ressaltar uma afirmação de Goldratt (1997, p. 381): "Temos excesso de capacidade jorrando pelo ladrão. Temos excesso de recursos de engenharia, que desperdiçamos brilhantemente. Estou certo de que não existe sorte no mercado. Simplesmente, não sabemos como agir juntos para capitalizar o que temos."

## 1.2. JUSTIFICATIVA

O fato de existir uma demanda não suprida de forma adequada no contexto atual faz com que este trabalho se justifique, pois ele visa mapear o processo e identificar ineficiências que, por sua vez resolvidas, podem se traduzir em aumento de faturamento. Lewis R. Zeyher, já citava, em 1974, no Manual de Administração da Produção, custos provenientes de atrasos nas entregas dos pedidos dos clientes, tais como horas extras despendidas em muitas áreas da empresa, carga excessiva sobre a supervisão e perdas de clientes o que não pode ser mensurado em toda a sua amplitude (ZEYHER, 1974).

Além do mais, faz-se necessário um processo tecnicamente conhecido para que seja possível a implantação de indicadores que possam auxiliar no controle das atividades bem como no apoio às tomadas de decisões gerenciais que buscam aumento de capacidade, troca de tecnologias e, até mesmo, estratégias de produção.

Com relação à qualidade, também se observam pontos que justificam a realização deste trabalho. Um processo eficiente reduz o nível de falhas e também os custos com reparos e quebras. Conseqüentemente o processo fluirá de forma natural e os clientes serão mais bem atendidos. Araújo (2008, p. 229), relaciona qualidade com permanência no mercado e lucratividade:

Qualidade, ademais, é uma filosofia onde a eliminação do chamado retrabalho (refazer o que já havia sido feito por existir alguma impropriedade ou falha) e a obsessão pelo 'defeito zero' são regras que não se podem afastar para as organizações que desejam permanência e lucro.

Além dos benefícios à empresa, é relevante o fato de que proporcionará grande aprendizado acadêmico.

Por todos os motivos já citados, o desenvolvimento deste trabalho é tão necessário. Ele pretende diagnosticar o processo de produção dos especiais e, posteriormente, propor um plano de ação. Trata-se de eficiência, não apenas na produção, mas primordial para o futuro da empresa.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GERAL

Propor ações que visem aumentar a eficiência do processo de fabricação do produto *Soldering Star*.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mapear o processo produtivo;
- Medir ciclos das operações, tempo de atravessamento e *lead time* de produção;
- Identificar gargalos e restrições;
- Mensurar a eficiência das operações através do IROG;
- Identificar perdas;
- Propor ações de melhorias.

### 3. A EMPRESA

A EPCOS, Indústria de Componentes Eletrônicos Ltda., é uma *joint venture* entre o grupo alemão Siemens e o grupo japonês Matsushita. Desenvolve e produz capacitores eletrolíticos de alumínio, capacitores de filme plástico metalizado e outros capacitores dentro de padrões de alta qualidade.

A EPCOS possui uma unidade no Brasil, na cidade de Gravataí. A EPCOS do Brasil é centro mundial de competência, tendo grande parte de sua produção voltada à exportação, e também detém a liderança no mercado brasileiro.

#### 3.1. HISTÓRICO EPCOS

A EPCOS do Brasil foi fundada com o nome ICOTRON Indústria de Componentes Eletrônicos, em 1954, por descendentes de imigrantes alemães em Porto Alegre, capital do Rio Grande do Sul, fabricando capacitores de papel e *styroflex*. Em 1957, a ICOTRON foi integralmente adquirida pela Siemens e, em 1962, suas instalações fabris foram transferidas para a cidade de Gravataí, região metropolitana de Porto Alegre. Nesse ano, iniciou-se a produção de capacitores eletrolíticos de alumínio e, em 1965, somaram-se os capacitores de filme de poliéster.

Mais tarde, já em 1999, a ICOTRON passou a fazer parte da EPCOS (*Electronic Parts and Components*), com participação acionária da Siemens & Matsushita (associadas) e tornou aberto o seu capital no mercado de ações. Em 2002 a denominação social foi alterada para EPCOS do Brasil Ltda.

A EPCOS AG, matriz do grupo com sede em Munique – Alemanha é o segundo maior fabricante mundial de componentes eletrônicos passivos, com mais de 40.000 produtos diferentes. O Grupo EPCOS possui centros de projetos, fabricação e vendas na Europa, Américas e Ásia. Os componentes eletrônicos passivos são encontrados em todos os produtos elétricos e eletrônicos: desde os setores automotivo e industrial até a eletrônica de consumo, passando pelos segmentos de informações e comunicações. Os componentes da EPCOS armazenam energia elétrica, selecionam frequências e protegem contra sobrevoltagem e sobrecorrente.

A EPCOS do Brasil é a operação do grupo na América do Sul e Central, desenvolve e fabrica capacitores de filme plástico e capacitores eletrolíticos de alumínio e, inclusive, processa folhas de alumínio e filme plástico para seu próprio uso. Atualmente conta com cerca de 1.600 funcionários produzindo aproximadamente 1,7 bilhões de componentes por ano, que são fornecidos para quase 250 clientes em todo o mundo. Praticamente 70% dos componentes produzidos nessa fábrica são destinados à exportação para Europa, Ásia, NAFTA (*North American Free Trade Agreement*), América do Sul e Central.

A EPCOS do Brasil possui as seguintes certificações: ISO 9001:2000, ISO/TS16949:2002 e ISO 14001, utilizadas pelas áreas de eletrônica industrial, sistemas de energia, eletrônica automotiva e de consumo, telecomunicações e processamento de dados.

### 3.2. O PROCESSO DE PRODUÇÃO DOS TIPOS ESPECIAIS

Os tipos especiais, conhecidos como elefantinos e *soldering stars*, possuem alta demanda em função da resistência às altas vibrações. Foram assim nomeados em função do *design* dos mesmos. O produto elefantino, como pode ser observado na figura 1, assemelha-se com um elefante, pois o terminal positivo é dobrado em forma de tromba e possui, como conexão negativa, dois terminais em forma de patas.



**Figura 1 – Produto Elefantino**

Fonte: Empresa EPCOS do Brasil (2010)

Já o *soldering star*, conforme figura 2, possui como conexão negativa um terminal em forma de estrela. Ambos os terminais (patas e estrelas) são soldados ao

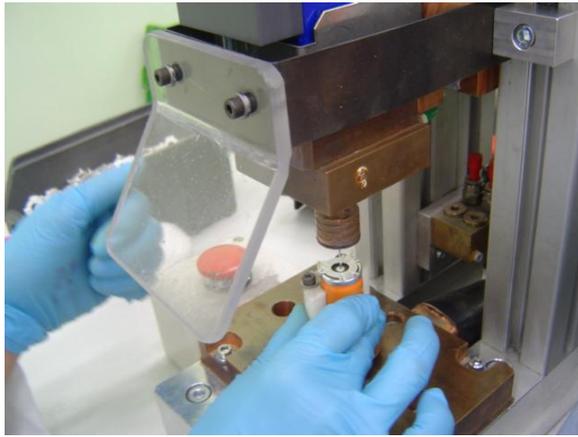
capacitor. O *design* dos terminais juntamente com o processo de solda permite uma melhor fixação do capacitor na placa do cliente, o que não acontece com componentes comuns, os quais não resistem, por muito tempo, a altas vibrações.

A fabricação dos tipos especiais iniciou na Alemanha, em volumes muito pequenos. Em 2002, a linha de produção Axial foi estrategicamente transferida para o Brasil não só em função de redução de custos, mas, também, devido à competência da planta de Gravataí ser reconhecida mundialmente. Por volta de 2007, a linha dos especiais teve aumento repentino e considerável na demanda. Em função disso, muitos equipamentos e processos tiveram que ser desenvolvidos em um curto período e internamente, visto que o mercado tinha que ser atendido e não havia *know how* disponível sobre o desenvolvimento desses processos.



**Figura 2 – Produto *soldering star***  
Fonte: Empresa EPCOS do Brasil (2010)

O que difere os capacitores especiais dos demais são justamente as características que os identificam como elefantino e *soldering star*, ou seja, a fixação dos terminais em forma de patas e estrelas. É nessa operação em que há maior dificuldade, pois os requisitos dos clientes são muito rigorosos e o processo é extremamente sensível e boa parte manual, isto é, torna-se complexo em função da dependência do operador, tanto em termos de qualidade quanto de agilidade do processo. Na figura 3, pode-se observar a operação de solda, como forma de facilitar o entendimento da dependência manual ainda existente.



**Figura 3 – Operação de solda**  
Fonte: Empresa EPCOS do Brasil (2010)

#### 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica será focada em pontos que permitam o entendimento e desenvolvimento dos objetivos propostos neste trabalho.

Para obter um nível elevado de eficiência dentro da área produtiva é necessário, inicialmente, conhecer o seu significado e as teorias complementares para a sua efetividade. Eficiência pode ser compreendida como a utilização eficaz dos recursos disponíveis, ou seja, ter um melhor aproveitamento dos mesmos, diminuindo desperdícios e gerando a máxima transformação em produtos finais. Conforme Maximiano (2006, p. 5):

Eficiência é a palavra usada para indicar que a organização utiliza produtivamente, ou de maneira econômica, seus recursos. Quanto mais alto o grau de produtividade ou economia na utilização dos recursos, mais eficiente a organização é. Em muitos casos, isso significa usar menos quantidade de recursos para produzir mais.

Eficiência é o principal objetivo das empresas que possuem mentalidade enxuta, pois buscam a eliminação de desperdícios e a criação de riqueza. Por esse motivo, os temas abordados no referencial teórico foram extraídos, em sua grande maioria, da metodologia enxuta, a qual pressupõe o conhecimento de inúmeros conceitos, tais como:

- *Lead time*;
- Mapeamento do processo produtivo;
- Identificação de perdas, gargalos e restrições;
- IROG (índice de rendimento operacional global).

O *Lean Manufacturing* ou Produção Enxuta como é conhecida no Brasil, foi criada e divulgada no Japão, em decorrência da escassez de recursos após a Segunda Guerra Mundial e mostrou, principalmente com os resultados obtidos na Toyota, grande desempenho voltado à produtividade, redução de custos e aprimoramento da qualidade.

Quando estendido aos fornecedores e parceiros também resulta em pontos positivos, conforme constatado em pesquisa e observado na figura 4. A figura relata benefícios citados por três montadoras em pesquisa realizada por Rebecca Arkader, na implantação de *lean* em conjunto com fornecedoras (ARKADER, 1998).

Benefício Citado	Montadora		
	A	B	C
. Aumento de capacidade produtiva			
. Ausência de paradas por falta de peças e componentes e poucos atrasos			
. Melhorias no fornecimento			
. Redução no custo de transporte pela proximidade dos fornecedores			
. Maior flexibilidade de <i>mix</i> pela proximidade dos fornecedores			
. Aumento no giro e redução nos custos de estoques			
. Melhoria de qualidade, levando a menores custos internos			
. Melhoria de qualidade, levando a melhoria no produto			
. Alguma melhoria na qualidade dos materiais recebidos			
. Redução nos custos indiretos			
. Maior velocidade no desenvolvimento de novos produtos			
. Melhor clima e perspectivas no relacionamento com os fornecedores			
. Redução na burocracia			
. Melhor comunicação com os fornecedores			

**Figura 4 – Benefícios citados por três montadoras na implantação do *lean* em conjunto com fornecedores**

Fonte: ARKADER (1998)

#### 4.1. MENTALIDADE ENXUTA NAS EMPRESAS

O pensamento enxuto visa fazer cada vez mais com cada vez menos. É nesse ponto que se assemelha à eficiência, visto que possuem conceitos que induzem ao mesmo objetivo. Foi desenvolvida na Toyota por Taiichi Ohno (1912-1990) e, essencialmente, tende à eliminação dos desperdícios durante as operações. Desperdício, por sua vez, é conhecido pelos japoneses como *muda*, isto é, atividades que demandam recursos, mas não agregam valor.

Womack e Jones (1998, p. 3), conceituam desperdício da seguinte forma:

Desperdícios são erros que exigem retificação, produção de itens que ninguém deseja, acúmulo de mercadorias no estoque, etapas de processamento que na verdade não são necessárias, movimentação de funcionários e transporte de mercadorias de um lugar para o outro sem propósito, grupos de pessoas em uma atividade posterior que ficam esperando porque uma atividade anterior não foi realizada dentro do prazo, e bens e serviços que não atendem às necessidades do cliente.

Com intuito de eliminar esses desperdícios, a metodologia *Lean* baseia-se nos cinco princípios do *Lean Thinking*, os quais foram disponibilizados pelo *Lean Institute* Brasil (2008) e podem ser observados na sequência:

**1 – Valor:** o ponto de partida para a mentalidade enxuta consiste em definir o que é Valor. Diferente do que muitos pensam, não é a empresa e sim o cliente que define o que é valor. Para ele, a necessidade gera o valor e cabe às empresas determinarem qual é essa necessidade, procurar satisfazê-la e cobrar por isso um preço específico para manter a empresa no negócio e aumentar os lucros via melhoria contínua dos processos, reduzindo os custos e melhorando a qualidade.

**2 – Fluxo de Valor:** o próximo passo consiste em identificar o Fluxo de Valor. Significa dissecar a cadeia produtiva e separar os processos em três tipos: aqueles que efetivamente geram valor, aqueles que não geram valor, mas são importantes para a manutenção dos processos e da qualidade e, por fim, aqueles que não agregam valor, devendo ser eliminados imediatamente. Apesar de continuamente olharem para sua cadeia produtiva, as empresas continuam a focalizar em reduções de custos não acompanhadas pelo exame da geração de valor, pois olham apenas para números e indicadores, no curto prazo, ignorando os processos reais de fornecedores e revendedores. As empresas devem olhar para todo o processo, desde a criação do produto até a venda final (e, por vezes, inclusive o pós-venda).

**3 – Fluxo Contínuo:** a seguir, deve-se dar "fluidez" para os processos e atividades que restaram. Isso exige uma mudança na mentalidade das pessoas. Elas têm de deixar de lado a ideia que têm de produção por departamentos como a melhor alternativa. Constituir fluxo contínuo com as etapas restantes é uma tarefa difícil do processo. É também a mais estimulante. O efeito imediato da criação de fluxos contínuos pode ser sentido na redução dos tempos de concepção de produtos, de processamento de pedidos e em estoques. A empresa pode atender a necessidade dos clientes quase que instantaneamente.

**4 – Produção Puxada:** isso permite inverter o fluxo produtivo. As empresas não mais empurram os produtos para o consumidor (desovando estoques) através de descontos e promoções. O consumidor passa a puxar o fluxo de valor, reduzindo a necessidade de estoques e valorizando o produto. Sempre que não se consegue estabelecer o fluxo contínuo, conectam-se os processos através de sistemas puxados.

**5 – Perfeição:** perfeição, quinto e último passo da mentalidade enxuta, deve ser o objetivo constante de todos envolvidos nos fluxos de valor. A busca do aperfeiçoamento contínuo em direção a um estado ideal deve nortear todos os esforços da empresa, em processos transparentes onde todos os membros da cadeia (montadores, fabricantes de diversos níveis, distribuidores e revendedores) tenham conhecimento profundo do processo como um todo, podendo dialogar e buscar continuamente melhores formas de criar valor (*LEAN INSTITUTE BRASIL*, 1998).

#### 4.2. MAPEAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO

Para Shingo (1996, p. 259) “Atividades de produção são redes de processos e de operações.”. Ou seja, podemos definir que é o caminho pelo qual se transformam os produtos. Para um melhor entendimento, Shingo (1996, p. 260) faz uma diferenciação entre processos e operações:

Processos (eixo Y): A cadeia de eventos durante os quais a matéria-prima é transformada em produtos.

Operações (eixo X): A cadeia de eventos durante os quais trabalhadores e máquinas trabalham nos itens.

Para fazer o mapeamento do processo é necessário seguir o fluxo de produção, observando suas peculiaridades, as agregações que cada operação contribui (ou não) bem como o tempo em que o produto permanece em cada uma delas. Womack e Jones (1998, p. 47) orientam a realização do mapeamento da seguinte maneira:

A primeira etapa, uma vez definido o valor e identificada toda a cadeia de valor, é focalizar o objeto real – o projeto específico, o pedido específico e o próprio produto (uma “cura” em um tratamento médico, uma viagem, uma casa, uma bicicleta) – e jamais deixar que esse objeto se perca do início à conclusão. A segunda etapa, que possibilita a primeira, é ignorar as fronteiras tradicionais de tarefas, profissionais, funções (frequentemente organizadas em departamentos) e empresas para criar uma empresa enxuta, eliminando todos os obstáculos ao fluxo contínuo do produto ou à família específica de produtos. A terceira etapa é repensar as práticas e ferramentas de trabalho específicas, a fim de eliminar os refluxos, sucata e paralisações de todos os tipos a fim de que o projeto, a missão de pedidos e a fabricação do produto específico possam prosseguir continuamente.

Além da proposta de “focalizar o objeto real”, existem também algumas simbologias que facilitam a identificação do fluxo. Na figura 5, segue a simbologia

proposta pela empresa Prodttare, a qual ministra cursos de implantação de *Lean Manufacturing*.



**Figura 5 – Elementos do fluxo**

Fonte: PANTALEÃO (2008) - Apostila de treinamento PRODTTARE

### 4.3. TEMPO DE CICLO

Tempo de ciclo pode ser resumido como a duração de execução de uma determinada atividade. Stevenson (2001, p. 208) define como sendo “o tempo máximo permitido em cada estação de trabalho para a realização das tarefas, antes do deslocamento do trabalho para a estação seguinte. O tempo de ciclo também estabelece a velocidade de produção de uma linha.”.

A metodologia *Lean* busca igualdade entre tempo de ciclo e *takt*. *Takt* nada mais é do que o ciclo ideal, baseando-se na necessidade do mercado. Womack e Jones (1998, p. 391) conceituam tempo *takt* da seguinte maneira:

Tempo de produção disponível dividido pelo índice da demanda do cliente. Por exemplo, se o cliente demanda 240 peças por dia e a fábrica opera 480 minutos por dia, o tempo *takt* será de dois minutos; se o cliente quiser que sejam projetados dois novos produtos por mês, o tempo *takt* será de duas semanas. O tempo *takt* define o ritmo de produção de acordo com o índice de demanda do cliente, tornando-se a pulsação de qualquer sistema enxuto.

### 4.4. LEAD TIME

*Lead time*, conforme George (2004, p. 35) “É o tempo que você leva para entregar seu serviço ou produto uma vez disparado o pedido.”. Corrêa e Gianesi (1993, p. 110) definem que:

O *lead time*, ou tempo de ressuprimento de um item, é o tempo necessário para seu ressuprimento. Se um item é comprado, o *lead time* refere-se ao tempo decorrido desde a colocação do pedido de compra até o recebimento do material comprado. Se trata-se de um item fabricado, o *lead time* refere-se ao tempo decorrido desde a liberação de uma ordem de produção até que o item fabricado esteja pronto e disponível para uso.

Porém, não é necessário rastrear o processo sempre que for preciso descobrir o *lead time* de determinado produto, basta a aplicação da Lei de Little, a qual está estabelecida abaixo:

$$\text{Lead time} = \frac{\text{Quantidade de trabalho em processo}}{\text{Índice médio de conclusão}}$$

Fonte: George (2004, p. 35).

Quanto menor o *lead time* mais rápido ocorrerá a conclusão dos produtos e, conseqüentemente, os prazos de entrega melhoram. Além disso, um *lead time*

reduzido implica a diminuição de estoques intermediários e em seus custos provenientes.

Antes de finalizar este tópico cabe ressaltar a afirmação de Slack *et al.* (2008, p. 367), a qual engloba dois dos conceitos já vistos até então – *lead time* e fluxo de produção:

Processos longos causam desperdícios, atrasos e acúmulo de estoques. Processos fisicamente reconfigurados para reduzir a distância percorrida e a cooperação entre a equipe podem ajudar a enxugar o fluxo. Da mesma forma, assegurar a visibilidade do fluxo ajuda a fazer melhorias para facilitar o fluxo.

#### 4.5. GARGALOS E RESTRIÇÕES

Gargalo pode ser compreendido como o recurso mais lento, ou seja, o que apresenta maior morosidade dentro do fluxo. Mas não basta somente ser o mais lento, deve também possuir uma demanda maior ou igual à sua capacidade para ser considerado gargalo. Ou seja, se a demanda do mercado reflete numa utilização de 200 horas por mês e a disponibilidade de um determinado equipamento também é de 200 horas, pode-se considerá-lo um recurso gargalo (CORRÊA E GIANESI, 1993).

As restrições, por sua vez, são operações que, em função de alguns imprevistos, podem também tornarem-se gargalos. Se um equipamento, por exemplo, possui demanda de mercado de 150 horas, porém tem uma disponibilidade de 200 horas, pode-se considerá-lo recurso não-gargalo. Porém, caso o mesmo tenha dificuldade em manter essa disponibilidade total, pode ser considerado uma restrição (CORRÊA E GIANESI, 1993).

Para uma melhor diferenciação entre recurso gargalo e RRC (recurso restritivo crítico), cabe expor o desenvolvimento de Corrêa e Gianesi (1993, p. 155):

Em algumas situações, pode não haver gargalos reais numa fábrica, todos os centros produtivos estão superdimensionados em relação à demanda, mas sempre haverá algum recurso que restrinja a produção. Este, então, será o RRC, apesar de não ser um gargalo real.

O planejamento e a programação dessas restrições de capacidade são reconhecidos na Teoria das Restrições, a qual foca o esforço da programação nessas limitações.

A abordagem com base nos gargalos de produção é comumente conhecida como OPT – *Optimized Production Technology* (Tecnologia da Produção Otimizada). Slack *et al.* (2008, p. 345-346) citam os princípios da Tecnologia de Produção Otimizada desenvolvida por Eliyahu Goldratt:

- 1 – Equilibre o fluxo, não a capacidade. É mais importante reduzir o tempo de processamento do que alcançar um equilíbrio simbólico da capacidade entre etapas ou processos.
- 2 – O nível de utilização de um não-gargalo é determinado por algumas outras restrições no sistema, não por sua própria capacidade. Isso se aplica a etapas num processo, processos numa operação e operações numa rede de suprimentos.
- 3 – Utilização e ativação de um recurso não é a mesma coisa. De acordo com o TOC um recurso está sendo utilizado somente se ele contribui para todo o processo ou operação gerando mais saída na produção. Um processo ou etapa pode ser ativado no sentido que está trabalhando, mas pode estar só gerando estoque ou desempenhando outra atividade de nenhum valor adicional.
- 4 – Uma hora perdida (não usada) num gargalo é uma hora perdida para sempre por todo sistema. O gargalo limita a produção de todo o processo ou operação, portanto a subutilização de um gargalo afeta todo o processo ou operação.
- 5 – Uma hora economizada num não-gargalo é uma miragem. Não-gargalos têm capacidade extra de qualquer forma. Por que gastar energia tornando-os ainda menos utilizados?
- 6 – Os gargalos governam o processamento e o estoque no sistema. Se os gargalos governam o fluxo, então eles governam o tempo de processamento, que por sua vez governa o estoque.
- 7 – Você não deve transferir os lotes nas mesmas quantidades que você os produz. O fluxo provavelmente será melhorado dividindo grandes lotes de produção em menores para movê-los por um processo.
- 8 – O tamanho do lote de processo deveria ser variável, não fixo. Novamente, concluindo a partir do modelo EBQ, as circunstâncias que controlam o tamanho do lote podem variar entre diferentes produtos.
- 9 – As flutuações nos processos conectados e sequencialmente dependentes somam-se umas às outras em vez de resultar numa quantidade média. Assim, se dois processos ou etapas paralelas têm a capacidade equivalente a uma taxa média de produção particular, em série eles nunca serão capazes de alcançar a mesma taxa média de produção.
- 10 – Os programas deveriam ser feitos olhando todas as restrições simultâneas. Por causa dos gargalos e das restrições dentro dos sistemas complexos, é difícil planejar programas de acordo com um simples sistema de regras. Ao contrário, todas as restrições precisam ser consideradas ao mesmo tempo.

Corrêa e Gianesi (1993, p. 147) fazem afirmações importantes sobre o OPT.

Segundo a ótica do OPT, há importantes distinções a fazer entre ativar um recurso e utilizar um recurso. Ativar um recurso não-gargalo mais do que o suficiente para alimentar um recurso gargalo limitante não contribui em nada com os objetivos definidos pelo OPT. Ao contrário, o fluxo se manteria constante, ainda limitado pelo recurso gargalo e, ao mesmo tempo, o estoque se estaria elevando e também as despesas operacionais, com a administração deste estoque gerado.

Ou seja, para se obter um resultado efetivo em um processo deve-se trabalhar na melhora de recursos gargalos, visto que eles é que limitam o fluxo. Investimentos em recursos não-gargalos não trazem retornos positivos à empresa.

Outro ponto bastante abordado pelo OPT é a programação destes recursos, otimizando a capacidade dos mesmos. Utiliza como abordagem o tambor-pulmão-corda, os quais são mais bem explorados nos parágrafos seguintes.

#### 4.6. TOC – *THEORY OF CONSTRAINTS*

A TOC, comumente conhecida como teoria das restrições, sugere uma abordagem diferente para o controle dos recursos. Sua ênfase refere-se à metodologia de planejamento e controle da produção denominada Tambor-Pulmão-Corda (TPC), do inglês *Drum-Buffer-Rope* (DBR).

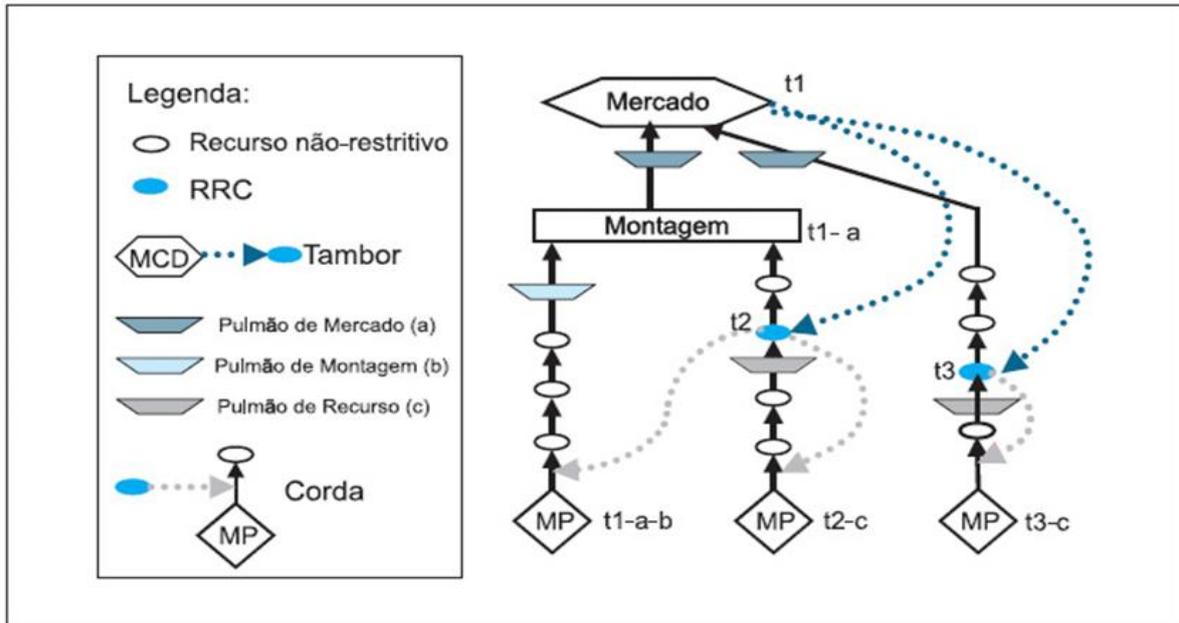
A maneira TPC de programar a produção parte do pressuposto de que existem apenas alguns poucos recursos com restrição de capacidade (RRCs) que irão impor o índice de produção da fábrica inteira (Tambor). Para garantir que a produção do RRC não seja interrompida por falta de peça, cria-se na frente dele um inventário que o protegerá contra as principais interrupções que possam ocorrer dentro de um intervalo predeterminado de tempo (Pulmão de Tempo). Com o objetivo de impedir que haja um aumento desnecessário nos níveis de estoque em processo, o material é liberado para a fábrica no mesmo ritmo com que o recurso restritivo o consome (Corda), mas com uma defasagem no tempo equivalente ao pulmão de tempo estabelecido (UMBLE E SRIKANTH, 2001 *apud* SOUZA, 2005).

Existem poucos lugares que devem ser protegidos num sistema cujo fluxo de material é controlado de acordo com os princípios da TOC. Segundo Goldratt (1990 *apud* SOUZA 2005), existem somente três tipos de pulmões de tempo. O primeiro resulta da necessidade de se proteger as restrições de recurso, evitando-se que seu trabalho seja interrompido. Surge, assim, o **pulmão de recurso**. A origem deste

pulmão é a área localizada à frente do RRC e conterá estoques de material em processo. Outro tipo de restrição que deve ser protegida é a restrição de mercado, pois se pretende sempre entregar no prazo. Para isto, necessitar-se-á de um **pulmão de mercado**, ou expedição, refletido e posicionado nos armazéns de produtos acabados. No entanto, não são apenas as restrições de recurso ou mercado que necessitam de pulmões. Se o intuito é explorar a restrição, deve-se evitar que peças produzidas por um recurso restritivo fiquem esperando, na operação de montagem, por peças provenientes de recursos não-restrição. Estabelece-se, então, o **pulmão de montagem**, que deverá conter apenas peças que passaram por recursos não-restritivos.

Segundo Goldratt (1990 *apud* SOUZA, 2005), deve-se salientar que o método TPC possibilita uma programação implícita de todos os recursos não-restritivos da empresa. Aqueles situados antes do RRC deverão processar o mais rápido possível os materiais advindos da primeira operação (controlados pela corda), de acordo com a ordem de chegada destes. Uma vez que tais recursos possuem excesso de capacidade em relação ao RRC, eles não deverão ter dificuldades para seguir o programa. Da mesma forma, os recursos não-restritivos localizados no roteiro de produção após o RRC estarão diretamente sob o controle deste, pois receberão apenas as peças liberadas pelo RRC. Como tais recursos têm folga no programa, não deverá haver nenhum problema também neste ponto. Logo, ordens de produção explícitas são necessárias apenas em alguns pontos específicos, como nos RRCs e nos locais de liberação de material para a fábrica, por exemplo.

A figura 6 ilustra uma situação fictícia de uma fábrica sincronizada segundo o método TPC. Deve-se reparar que alguns poucos recursos têm suas operações programadas.



**Figura 6 – Dados de liberação de materiais de acordo com dados do pedido e do tambor**  
 Fonte: Adaptado de GOLDRATT (1990)

#### 4.7. IROG – ÍNDICE DE RENDIMENTO OPERACIONAL GLOBAL

Este índice indica a eficiência do equipamento durante o tempo de operação disponível. Seu cálculo pode ser efetuado através da fórmula presente na figura 7. Ele leva em consideração fatores como produção dos equipamentos, disponibilidade dos mesmos e tempo de ciclo da operação. Dados como quantidade de refugos, acompanhamento de paradas do equipamento (manutenções e *setups*), bem como outras análises mais aprofundadas também podem ser realizadas através do cálculo do IROG, se necessário.

$$\mu_{global} = \frac{\sum_{i=1}^n tp_i \cdot xq_i}{T} \quad (1)$$

onde:  $tp$  = tempo de ciclo ou tempo padrão de um produto x  
 $q$  = quantidade do produto x  
 $T$  = tempo disponível

**Figura 7 – Fórmula do IROG**  
 Fonte: PANTALEÃO (2008) - Apostila de treinamento PRODUTTARE

De acordo com a apostila de treinamento do grupo Prodttare (PANTALEÃO, 2008), o IROG não deve ser calculado da mesma forma para todos os postos de trabalho, uma vez que o tempo disponível  $T$ , a ser considerado na fórmula, depende do posto de trabalho ser ou não um recurso restritivo no fluxo de produção. O cálculo do IROG é feito considerando:

**a) Se o posto de trabalho é um recurso crítico gargalo:** Neste caso, o indicador IROG é denominado de TEEP - Produtividade Efetiva Total do Equipamento (*Total Effective Equipment Productivity*). O tempo  $T$  considerado na Equação é o tempo total – no caso dos recursos críticos gargalo, 24 horas/dia ou 1.440 min/dia. Isto se explica pelo fato de que, sendo o posto de trabalho um gargalo, todo o tempo disponível deve ser utilizado na produção. Este índice indica o tempo que pode ser ganho para produzir e corresponde à produtividade real do sistema produtivo no gargalo.

**b) Se o posto de trabalho é um recurso crítico não-gargalo:** Neste caso, o indicador IROG é denominado de OEE - Índice de Eficiência Global (*Overall Equipment Efficiency*). O tempo  $T$  considerado na equação é o tempo disponível, obtido pela diferença entre o tempo total e o tempo das paradas programadas. Por não se tratar de um posto de trabalho gargalo, é possível programar certas paradas como pausas para almoço, ginástica laboral, etc., uma vez que a não paralisação deste equipamento geraria estoques intermediários antes do gargalo.

#### 4.8. IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS

De acordo com Slack *et al.* (2008, p. 373), "Uma perda pode ser definida como qualquer atividade que não agrega valor.". Dentro dessa filosofia, pode-se compreender perda não só como o desperdício ou quebra como é comumente conhecida nas indústrias, mas como atividades que não participam ativamente da construção do produto. Dentre essas atividades, podem-se encontrar inspeções, movimentações, paradas em geral etc. Para uma empresa ser eficiente, é necessário buscar a minimização destas perdas.

Slack *et al.* (2008, p. 374-376) discorrem a respeito da classificação de várias perdas encontradas no processo. Seguem:

Perdas por fluxo irregular: Quando o fluxo não ocorre de maneira contínua devido barreiras existentes (tempos de espera, transporte, ineficiências do processo, estoque, perdas por movimentações);

Perdas por suprimento inexato: Decorrem do mau planejamento da quantidade e do momento de consumo dos insumos. As barreiras são superprodução ou subprodução, entrega antecipada ou atrasada e, novamente, estoques;

Perdas por resposta inflexível: São consequentes da falta de flexibilidade do processo. Algumas sintonias de flexibilidade inadequadas são: lotes grandes, atrasos entre as atividades, variações no mix de atividades maiores do que as variações na demanda do cliente;

Perdas por variabilidade: Variações no processo que afetam o nível de qualidade do produto. Podem ser incluídos nesse contexto a confiabilidade deficiente do equipamento e os produtos ou serviços defeituosos.

#### 4.9. KAIZEN

Os japoneses utilizam o termo *kaizen* para se referirem à melhoria contínua. Melhoria contínua, por sua vez, é a filosofia que busca aperfeiçoar todos os fatores relacionados com o processo de contínua conversão de *inputs* em *outputs*. Abrange equipamento, métodos, materiais e pessoas (STEVENSON, 2001).

Um exemplo de *kaizen*, utilizado como “caminho incremental” por Womack e Jones (1998, p. 93), está transcrito abaixo, como forma de compreender a definição e a importância do tema:

Em 1992, quando começou a introduzir o pensamento enxuto na aliança norte-americana entre os maiores fabricantes mundiais de juntas e vedações hidráulicas, Joe Day, presidente da Freudenberg-NOK General Partnership (FNGP), de Plymouth, Michigan, começou a observar algo muito curioso. Independentemente do número de vezes que seus funcionários melhoravam uma determinada atividade, tornando-a mais enxuta, sempre encontravam outras formas de remover *muda* eliminando esforços, tempo, espaço e erros. Além disso, a atividade tornava-se progressivamente mais flexível e receptiva à produção puxada pelo cliente.

O *kaizen*, conforme já exposto, pode auxiliar desde melhorias de qualidade do produto, quanto produtividade. A produtividade seria consequência da melhoria das atividades, reduzindo tempos ociosos em determinados equipamentos, principalmente em atividades que demandam maior necessidade manual, onde prevalece a despadronização e a falta de técnica.

O *kaizen* também propõe a melhoria contínua em toda a cadeia, abrangendo início e fim. As empresas necessitariam cooperar na mudança de seus métodos formando uma empresa enxuta para determinado produto. Muitas melhorias, no

próprio fluxo interno de fabricação, só são possíveis se as empresas fornecedoras forem parceiras, oferecendo matérias-primas sempre dentro dos requisitos negociados e nos prazos estipulados (WOMACK e JONES, 1998).

Por fim, pode-se dizer que o *kaizen* prevê foco na operação, porém, observa também o processo inteiro. Womack e Jones (1998, p. 389) afirmam que “*kaizen* é a melhoria contínua e incremental de uma atividade a fim de criar mais valor com menos *muda*. Chamado também de *kaizen* do ponto e *kaizen* do processo.”.

## 5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização deste trabalho foi necessário utilizar como metodologia o estudo de caso, visto que se torna primordial o acompanhamento do processo produtivo através da medição dos tempos e observação das operações. Salienta-se que o estudo de caso é uma categoria de pesquisa na qual o objeto em exame é observado e analisado profundamente. Além disso, se caracteriza pela capacidade de lidar com uma completa variedade de evidências – documentos, artefatos, entrevistas e observações (YIN, 2001).

Com relação aos requisitos teóricos, os procedimentos metodológicos baseiam-se em revisão bibliográfica, ou seja, estudo sistematizado desenvolvido através de pesquisas em materiais impressos como livros, revistas e periódicos bem como materiais de acesso eletrônico disponíveis ao público em geral.

A coleta dos dados foi realizada basicamente através de acompanhamento. Para a conclusão do mapeamento do fluxo produtivo foi necessário levantamento realizado por três vezes, em horários diversos, através de acompanhamento pessoal. Durante os acompanhamentos, não houve diferença no fluxo de produção, tornando-se menos complexa essa etapa do trabalho. É relevante citar o fato de que as pessoas que participavam do fluxo produtivo variavam conforme o horário de avaliação. Existem três turnos de produção por dia e, em cada um, uma equipe diferente de colaboradores<sup>1</sup>. Optou-se, com intuito de colher as variações do processo, contemplar os três diferentes turnos de produção.

A medição dos tempos de ciclos foi desenvolvida com a ajuda de um cronômetro digital. Como se trata de operações semiautomáticas, o ciclo pode variar a cada operador, porém, para minimizar esses efeitos foi coletado por nove vezes o ciclo de cada operação, sendo:

- três vezes no primeiro turno;
- três vezes no segundo turno;
- três vezes no terceiro turno.

Para levar em consideração a fadiga, registraram-se os ciclos no início, meio e fim de cada turno. Após, efetuou-se a média aritmética nos valores encontrados e

---

<sup>1</sup> Turnos diários de produção na EPCOS do Brasil: Primeiro turno: 6h00-14h20; segundo turno: 14h18-

definiu-se o tempo de ciclo de cada operação. No quadro 1 podem ser verificados os dados observados.

OPERAÇÃO	MEDIÇÕES									TEMPO DE CICLO MÉDIO (1 peça)
	6h10	9h30	13h30	14h30	18h00	21h30	22h45	01h45	05h00	
Pré-corte da calota e do terminal	6,19s	6,20s	6,22s	6,18s	6,2s	6,21s	6,19s	6,21s	6,22s	6,20 segundos
Lavagem das peças para solda	20 min	20 min	20 min	20 min	20 min	20 min	20 min	20 min	20 min	20 minutos
Solda da estrela	6,46s	6,49s	6,49s	6,44s	6,45s	6,49s	6,45s	6,47s	6,49s	6,47 segundos
Inspeção com gabarito coaxial	2,22s	2,22s	2,21s	2,23s	2,22s	2,20s	2,22s	2,23s	2,23s	2,22 segundos
Inspeção de tração	4,12s	4,14s	4,12s	4,12s	4,13s	4,13s	4,15s	4,12s	4,14s	4,13 segundos
Inspeção visual e retirada de limalhas	13,74s	13,74s	13,76s	13,74s	13,75s	13,76s	13,75s	13,75s	13,76s	13,75 segundos
Corte final	3,77s	3,79s	3,81s	3,77s	3,77s	3,78s	3,77s	3,77s	3,79s	3,78 segundos
Gabarito rastermass	2,89s	2,9s	3,1s	2,88s	2,97s	3,11s	2,96s	3,11s	3,13s	3,00 segundos
Embalagem final	1,41s	1,49s	1,5s	1,4s	1,5s	1,57s	1,48s	1,55s	1,6s	1,50 segundos

**Quadro 1 – Dados observados nas medições das operações**

Fonte: A autora

Já para a análise dos dados, levou-se em consideração tanto o material coletado quanto a literatura. O levantamento de registros de produção, encontrados nos documentos da empresa (cartas de acompanhamento do processo) também foi necessário para realização do cálculo médio de produção e, conseqüentemente, avaliação da eficiência. Foram realizados cálculos oriundos de dados coletados por um período de um ano (outubro/2008 a setembro/2009). Levantou-se um total de 924 registros de produção, com média aritmética resultando em 3.500 peças e desvio padrão de 306,97. Para o levantamento das informações dos equipamentos, foram pesquisados, também nas cartas de acompanhamento do processo, dados provenientes de paradas bem como de problemas de qualidade registrados desses recursos.

Por fim, cabe ressaltar que as informações observadas/levantadas e literatura complementam-se, revelando dados fundamentados, sem interferência de distorções.

## 6. DESENVOLVIMENTO PRÁTICO

Este tópico permite a aplicação dos procedimentos metodológicos na empresa em análise.

### 6.1. MAPEAMENTO DO FLUXO PRODUTIVO

Não só em decorrência da semelhança entre os processos de fabricação dos dois produtos fabricados neste mesmo setor, mas também para delimitar o trabalho dentro da proposta descrita no objetivo geral deste trabalho, optou-se por realizar o mapeamento somente no processo de fabricação do *soldering star*.

O mapeamento do processo do fluxo de fabricação pode ser observado na figura 08. Todas as operações provenientes do processo dos especiais, bem como demais informações pertinentes foram contempladas.

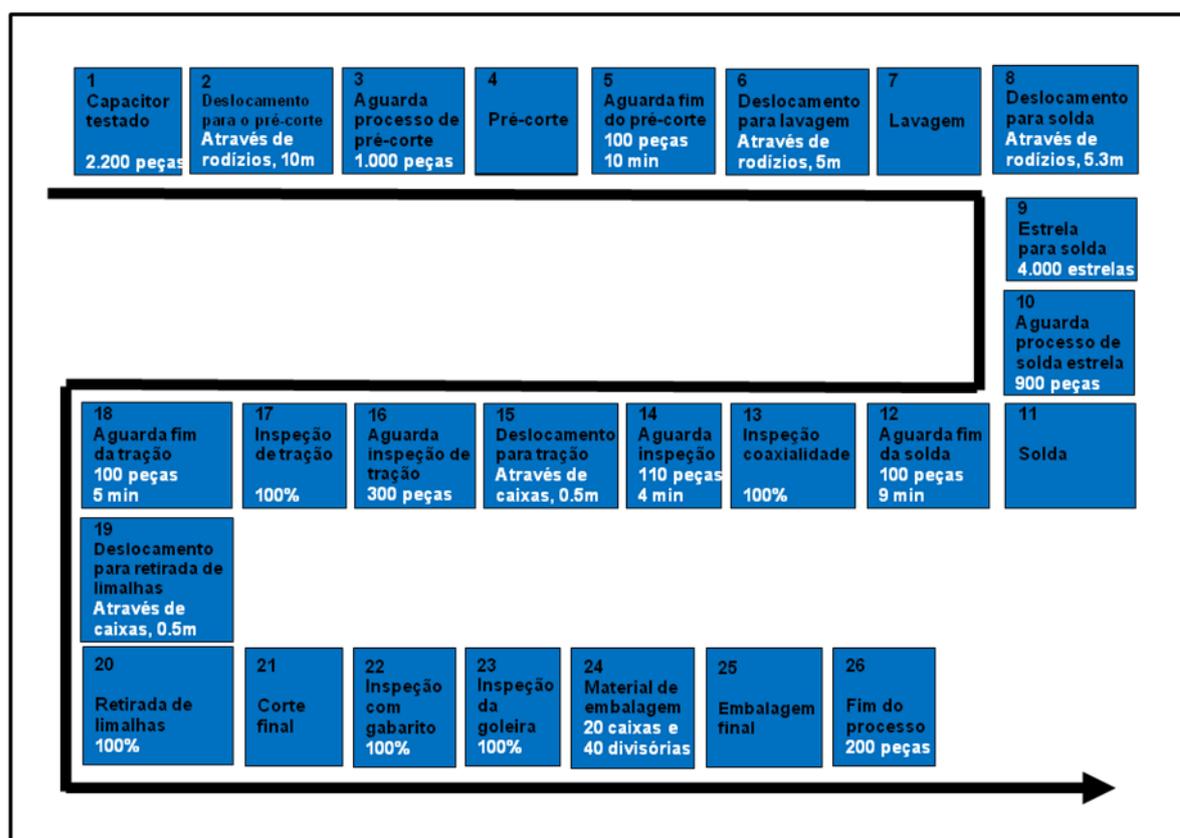


Figura 8 – Mapeamento do fluxo de produção

Fonte: A autora

Além do mapeamento, é importante visualizar a quantidade de operadores do processo bem como as funções de cada um. Essa informação pode ser visualizada no quadro 2.

<b>Nº DA OPERAÇÃO NO MAPEAMENTO</b>	<b>DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO</b>	<b>OPERADOR RESPONSÁVEL</b>
4	Pré-corte da calote e terminais	A
7	Lavagem das peças	A
11	Solda da estrela	B, C
13	Inspeção com gabarito coaxial	D
17	Inspeção de tração	D
20	Inspeção visual, retirada de limalhas	E, F
21	Corte final	G
22	Gabarito	G
25	Embalagem final	G
<b>Total</b>		<b>7 operadores /turno</b>

**Quadro 2 – Quadro de funcionários**

Fonte: A autora

## 6.2. TEMPO DE CICLOS, ATRAVESSAMENTO E *LEAD TIME*

Além do mapeamento do processo, faz-se necessário também o levantamento de mais alguns dados como tempo de ciclo de cada operação, tempo de atravessamento e *lead time* do processo. Sem esses dados, não é possível fazer a análise e propor ações de melhorias.

Os tempos de ciclo bem como os de atravessamento estão listados no quadro 3. Através dos tempos de ciclos, é possível calcular a capacidade de produção que, posteriormente, serão informações necessárias ao cálculo de eficiência das operações. O tempo de atravessamento, por sua vez, contribui à mensuração do *lead time*. Individualmente, o tempo de atravessamento representa o *lead time* da área

em análise, porém, acrescentado às demais etapas do processo, complementa o que chamaremos de *lead time* do produto.

Verifica-se uma diferença significativa de capacidade em alguns equipamentos. A embalagem final, por exemplo, possui, aproximadamente, quatro vezes mais capacidade do que o pré-corte.

<b>OPERAÇÃO</b>	<b>TEMPO DE CICLO (1 peça)</b>	<b>ATRAVESSAMENTO DE 1 CAIXA (200 peças)</b>	<b>CAPACIDADE TÉCNICA POR TURNO (7h=25.200 segundos)</b>
Pré-corte da calota e terminais	6,20 segundos	21 minutos	$25.200/6,2 = 4.064$ peças
Lavagem	20 minutos	20 minutos	20.000 peças (depende do tamanho do lote)
Solda da estrela	6,47 segundos	21 minutos	$(25.200/6,47)*2 = 7.790$ peças <sup>2</sup>
Inspeção com gabarito coaxial	2,22 segundos	7 minutos	$25.200/2,22 = 11.351$ peças
Inspeção de tração	4,13 segundos	14 minutos	$25.200/4,13 = 6.102$ peças
Inspeção visual, retirada de limalhas	13,75 segundos	46 minutos	$(28.800/13,75)*2=4.189$ peças <sup>3</sup>
Corte final	3,78 segundos	13 minutos	$25.200/3,78=6.667$ peças
Gabarito	3,00 segundos	13 minutos	$25.200/3= 8.400$ peças
Embalagem final	1,50 segundos	5 minutos	$25.200/1,5 = 16.800$ peças
<b>Total</b>	<b>20,7 minutos</b>	<b>160 minutos</b>	

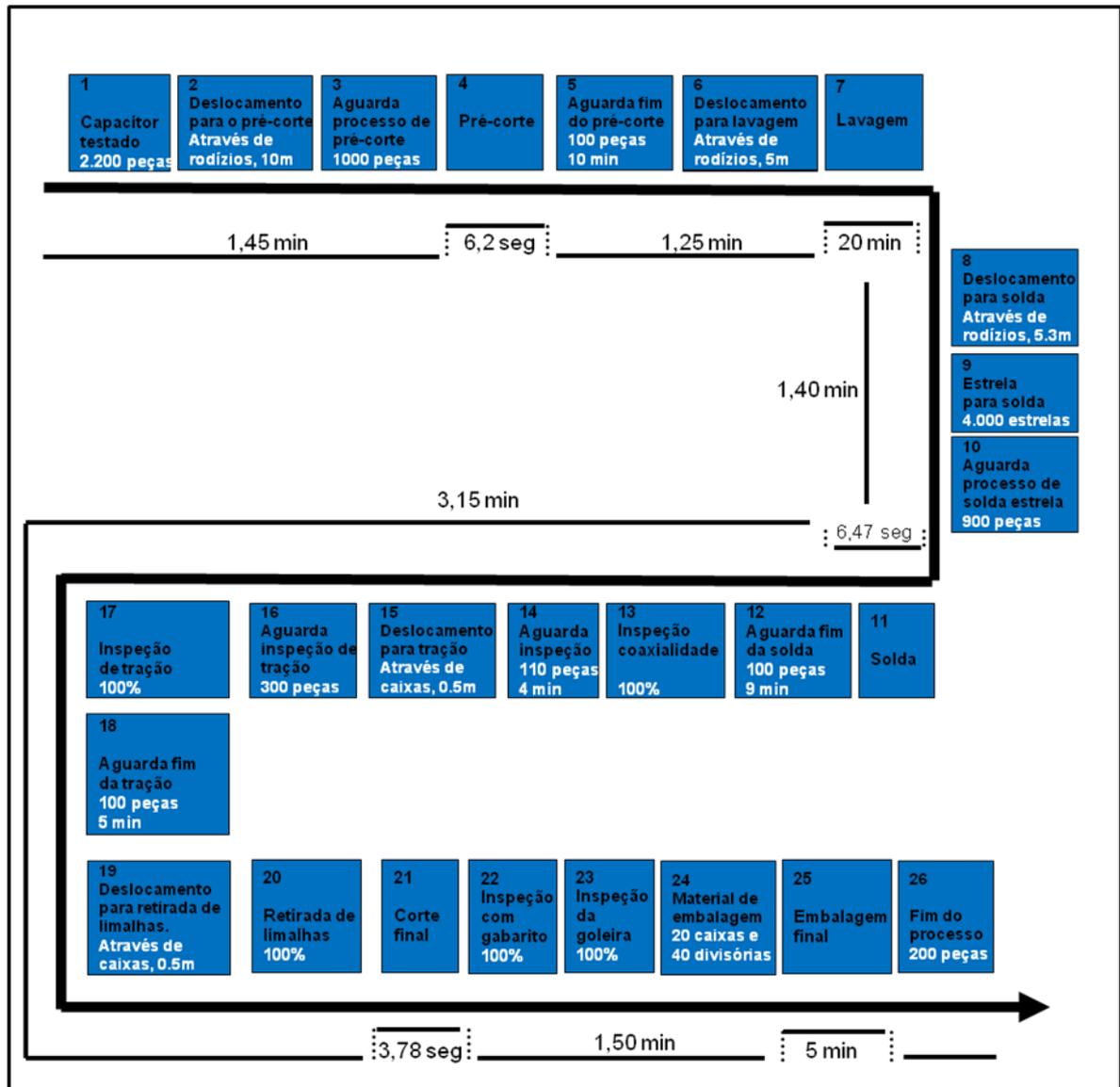
**Quadro 3 – Dados de capacidade**

Fonte: A autora

<sup>2</sup> Dois equipamentos de solda disponíveis.

<sup>3</sup> Dois operadores trabalhando neste processo. Foram considerados 28.800 segundos, pois esta operação é gargalo e não deveria ter pausas.

Segue figura 9 que agrega ao MFP os tempos de atravessamento.



**Figura 9 – Mapeamento do fluxo de produção agregando tempos de atravessamento**

Fonte: A autora

Com relação ao *lead time*, optou-se por mensurá-lo através do mapeamento em vez da Lei de Little, visto que essa é a metodologia utilizada até então.

Os pedidos de clientes relacionados a tipos especiais estão com atraso na confirmação em torno de 60 dias, ou seja, ocorrendo a solicitação de um produto hoje, a logística poderá programá-lo para iniciar na produção somente após dois meses. Iniciando a produção, agrega-se ao *lead time* o tempo de fabricação também. Antes do processo dos especiais, o capacitor axial passa por diversas outras operações que não foram listadas até então em decorrência de não fazerem parte do

escopo desse trabalho. Essas operações, por sua vez, demandam de 96 horas até a chegada no processo dos especiais. Ou seja, até o momento o *lead time* é de 1.440 horas (atraso na confirmação de pedidos) e 96 horas de processamento em outras etapas, resultando em um total de 1.536 horas. De acordo com o quadro 3, o tempo de atravessamento para 200 peças, no processo dos especiais, é de 160 minutos (2,7 horas). Somando todos esses tempos tem-se um *lead time* de 64,11 dias. Ou seja, o cliente deve realizar o pedido no mínimo 65 dias antes da sua necessidade para que não ocorram paradas em seu processo por falta de matéria-prima.

Os valores mensurados de *lead time* podem ser visualizados no quadro 4.

<b>ÁREA</b>	<b>LEAD TIME</b>
Atraso na confirmação de pedidos	1.440 h
Preparação do capacitor até chegada na área dos especiais	96 h
Especiais	2,7 h
TOTAL ( <i>Lead time</i> do produto)	1.538,7 h (64,11 dias)

**Quadro 4 – *Lead times* mensurados**

Fonte: A autora

### 6.1. IDENTIFICAÇÃO DOS GARGALOS E RESTRIÇÕES

Observou-se como recurso gargalo a operação de retirada de limalhas, pois a mesma é a atividade de menor capacidade produtiva, conforme pode ser verificado no quadro 3. Ou seja, mesmo que as demais operações apresentem maior eficiência, dificilmente vai resultar em um número mais elevado na entrega, pois a atividade gargalo acaba ditando o ritmo de saída das peças. Pelo contrário, a melhora na eficiência em operações que não sejam gargalos, apenas fará com que as perdas aumentem, porque incorrerá custos provenientes do aumento de estoque de semiprontos na fábrica.

A etapa de retirada de limalhas é plenamente manual. São operadores que através de um instrumento chamado limalhador (espátula pontiaguda) têm como tarefa quebrar e remover o excesso de solda das peças. O que dificulta essa atividade é a alta incidência dessa falha, pois aproximadamente 80% de toda a

produção necessitam desse tipo de retrabalho. As limalhas são geradas na etapa de solda, quando é realizada a fusão entre a matéria-prima (estrela) com o rebordeado do capacitor. Isto é, a operação de retirada de limalhas é meramente uma etapa de retrabalho e inspeção, não agrega valor ao produto e ainda restringe a capacidade de todo o processo. Ela existe apenas para sanar a deficiência da operação de solda.

A aplicação de *kaizen* para melhoria da etapa de solda, envolvendo desde procedimentos operacionais até pesquisa com os fornecedores de matéria-prima (estrela) seria muito relevante, pois teria como objetivo reduzir e até mesmo eliminar as variações desse equipamento, o que por sua vez, melhoraria o recurso gargalo e permitiria uma elevação na saída de peças do processo.

Já o RRC é a segunda operação com menor capacidade produtiva, perdendo apenas para o recurso gargalo. De acordo com o quadro 3, a operação que pode ser definida com RRC é o pré-corte da calota e terminais, onde a capacidade pode chegar em no máximo 4.064 peças por turno, considerando parada de 60 minutos (pausa do operador). Se a atividade gargalo não parar no horário de pausa, o RRC não conseguirá abastecer o processo de forma com que não haja paradas referentes à falta de peças. Ou seja, neste ponto é necessário que exista, antes do gargalo, o que chamamos no TOC de pulmão para que pequenas interferências no processo não prejudiquem a eficiência do gargalo.

De acordo com a literatura, paradas no gargalo e no RRC devem ser acompanhadas e sanadas/reduzidas. Na empresa em análise, não existe essa sistemática até mesmo porque não se tem conhecimento da identificação destes recursos. A parada por falta de operadores (pausas, abastecimento de máquina entre outros deslocamentos) poderia ser resolvida com o revezamento da operação gargalo e do RRC. Como existem operações ociosas (e conseqüentemente operadores ociosos também), as atividades gargalo e RRC poderiam ser revezadas sem a necessidade de aumento no quadro funcional.

Já para paradas que envolvem *setup*, seria importante um trabalho focado em cima de troca rápida de ferramentas, reduzindo o tempo de preparação do equipamento. Para manutenções corretivas, poderia ser criado um cronograma de manutenção preventiva, com intuito de evitar paradas imprevistas e também geração de problemas de qualidade que possam comprometer tanto a entrega das peças

quanto a confiabilidade das mesmas. Para melhor compreender essas necessidades, criou-se o quadro 5 que apresenta características dos equipamentos que compõem o processo de fabricação dos especiais.

<b>OPERAÇÃO</b>	<b>TIPO DE OPERAÇÃO</b>	<b>QUANTIDADE EQUIPAMENTOS</b>	<b>TEMPO MÉDIO DE SETUP</b>	<b>PROBLEMAS DE QUALIDADE/CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS DO PRODUTO NA OPERAÇÃO</b>
Pré-corte	Semiautomática	1	20 minutos	Cortar terminal fora do tamanho especificado
Lavagem	Semiautomática	1	-	Problemas de soldabilidade
Solda	Semiautomática	2	10 minutos	Problemas de soldabilidade e excesso de limalhas
Corte final	Semiautomática	1	10 minutos	Cortar terminal fora do tamanho especificado

**Quadro 5 – Características dos equipamentos**

Fonte: A autora

Por sua vez, as informações de disponibilidade dos equipamentos bem como o tempo médio de paradas também foram levantados e estão presentes no quadro 6.

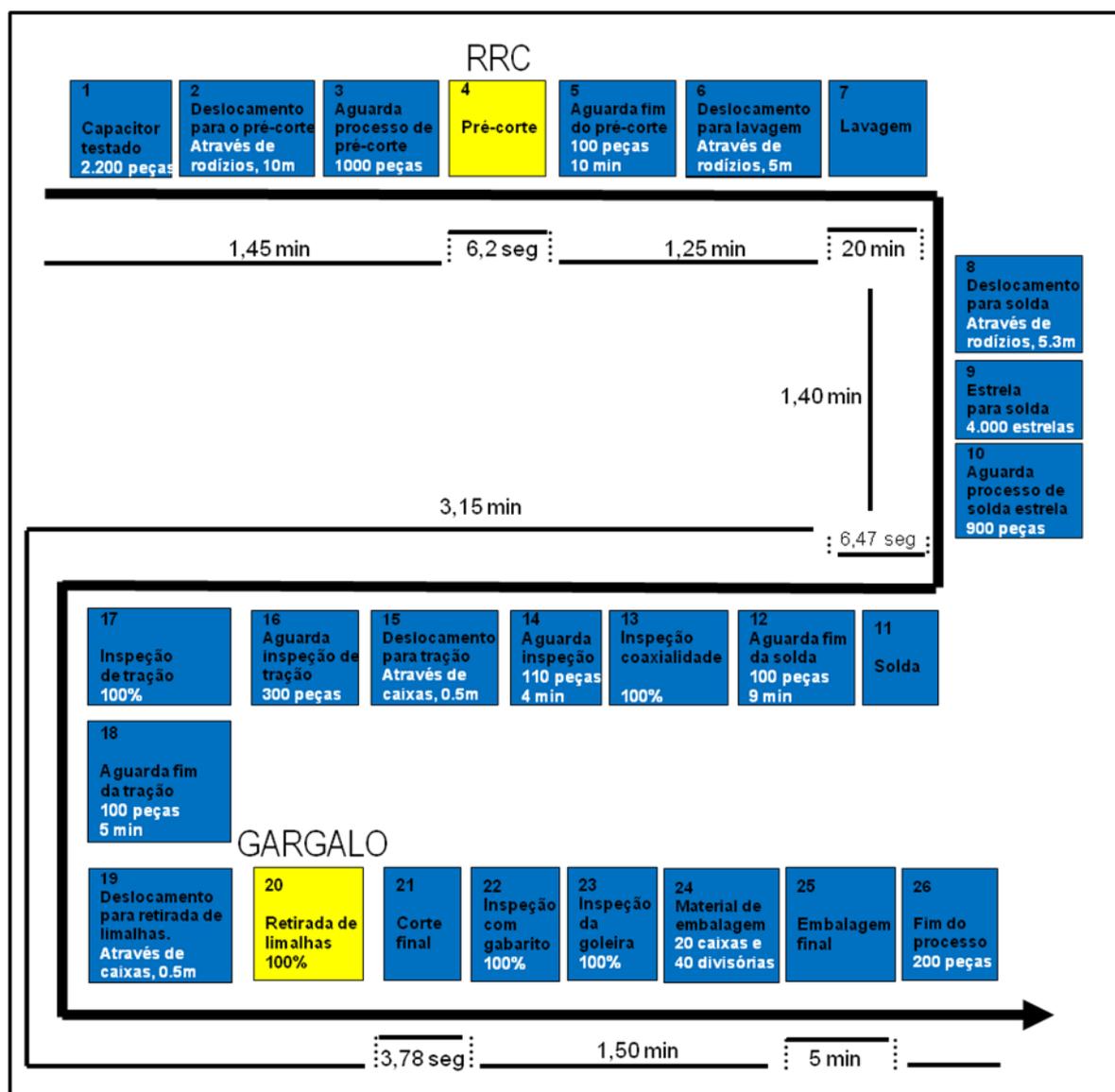
<b>OPERAÇÃO</b>	<b>PROBLEMAS RELATIVOS À MANUTENÇÃO DO EQUIPAMENTO</b>	<b>TEMPO DISPONÍVEL POR DIA (7*3*60)</b>	<b>TEMPO MÉDIO DE PARADAS POR DIA<sup>4</sup></b>
Pré-corte	Navalhas gastas geram rebarbas na calota do produto	1.260 minutos	60 minutos
Lavagem	Água suja não garante a limpeza do produto	1.260 minutos	-
Solda	Base suja gera marcas no produto; potência baixa ou alta gera problemas na solda e excesso de limalhas	1.260 minutos	60 minutos
Corte final	Falha no acionamento da máquina pode gerar o não corte dos terminais	1.260 minutos	30 minutos

**Quadro 6 – Dados de disponibilidade dos equipamentos das operações de transformação**

Fonte: A autora

Para finalizar esse tópico, segue figura 10 que ilustra, no mapeamento do processo produtivo, o gargalo e o RRC.

<sup>4</sup> Paradas provenientes de manutenções corretivas e *setup*. Não foram mensuradas paradas por falta de operador (pausas ou abastecimento da máquina).



**Figura 10 – Mapeamento do fluxo de produção com identificação do RRC e gargalo**

Fonte: A autora

## 6.2. MENSURANDO A EFICIÊNCIA DAS OPERAÇÕES

A partir dos dados levantados, é possível calcular o IROG das operações, o que pode ser visto no quadro 7. A fórmula utilizada para realização dos cálculos está descrita na figura 7, dentro do referencial teórico deste trabalho. Cabe ressaltar que para cálculo do IROG foi necessário verificar a quantidade média de produção por turno. Tal informação foi extraída das planilhas de controle de produção de outubro de 2008 a setembro de 2009, conforme consta na metodologia deste trabalho.

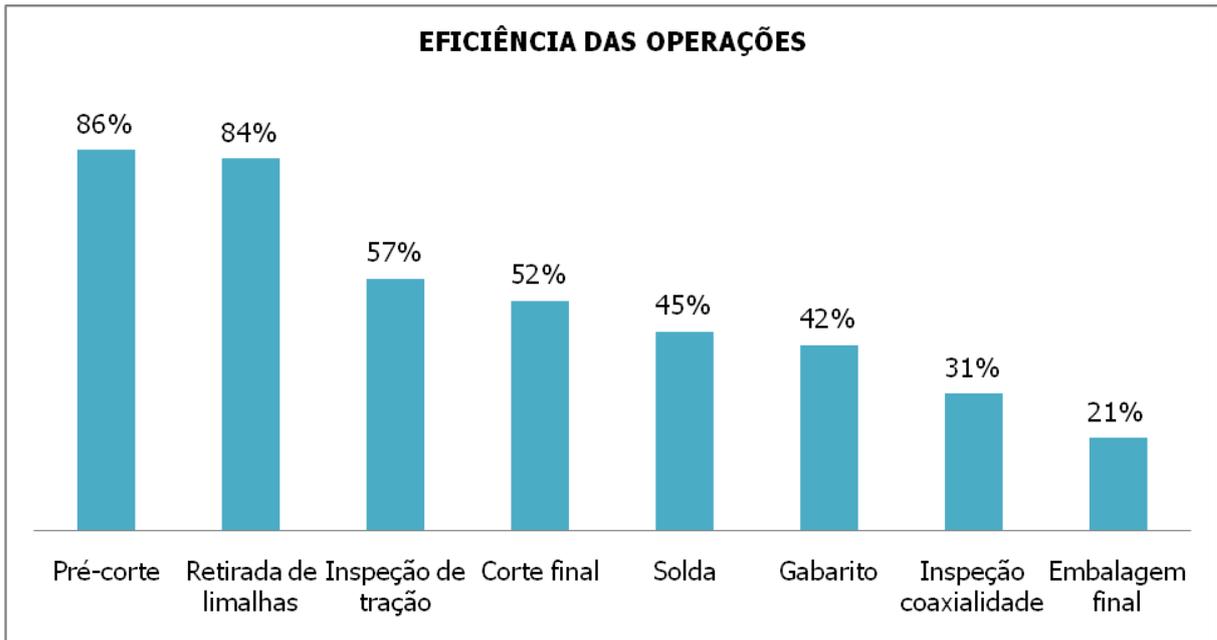
<b>OPERAÇÃO</b>	<b>CAPACIDADE TOTAL POR TURNO</b>	<b>IROG</b>
Pré-corte	4.064 peças	$3.500/4.064 = 86\%$
Lavagem	20.000 peças (depende do tamanho do lote)	Varia de acordo com o lote
Solda	7.790 peças	$3.500/7.790 = 45\%$
Inspeção com gabarito coaxial	11.351 peças	$3.500/11.351 = 31\%$
Inspeção de tração	6.102 peças	$3.500/6.102 = 57\%$
Retirada de limalhas	4.189 peças	$3.500/4.189 = 84\%$
Corte final	6.667 peças	$3.500/6.667 = 52\%$
Gabarito	8.400 peças	$3.500/8.400 = 42\%$
Embalagem final	16.800 peças	$3.500/16.800 = 21\%$
Quantidade média de unidades concluídas por turno: 3.500 peças		

**Quadro 7 – Eficiência das operações**

Fonte: A autora

Antes de iniciar os próximos tópicos, onde poderá ser possível analisar os dados até então coletados, faz-se necessário observar, no quadro 7, a etapa de menor e maior eficiência, identificadas como inspeção com gabarito coaxial e retirada de limalhas respectivamente. Verifica-se ociosidade em algumas etapas bem como limitações em outras. A ociosidade reflete-se em perdas e as limitações definem a capacidade de produção de todo o processo.

Já se esperava que o gargalo e o RRC fossem as etapas com maior eficiência, visto que são as mesmas que ditam a saída de peças. Porém, além da confirmação desta expectativa, também se pode observar que existem operações com muita ociosidade o que, por sua vez, geram perdas desnecessárias para a empresa bem como atrito entre os colaboradores, visto que uns trabalham com uma carga bem mais pesada do que outros. O gráfico 1 foi elaborado para ilustrar e facilitar a comparação de eficiência entre operações.



**Gráfico 1 – Eficiência das operações**

Fonte: A autora

Para resolução dessas ineficiências, sugere-se o balanceamento do fluxo bem como a multifuncionalidade do grupo operacional. Além disso, trabalhando apenas em otimizar o RRC e o gargalo, se obtém um aumento de quase 20%, pois passaria de uma produção atual de 3.500 para 4.189 peças por turno. Para isso seria necessário apenas revezar as paradas existentes nessas operações.

### 6.3. IDENTIFICAÇÃO DAS PERDAS

Para identificar perdas no processo, é necessário, primeiramente, distinguir as operações do processo em dois tópicos:

- **Operações que agregam valor:** operações que fazem algum tipo de transformação ou agregação ao produto;
- **Operações que não agregam valor:** todas as operações do processo que não agregam nenhuma característica nova ao produto.

Durante o mapeamento do fluxo de produção, foram medidos os tempos dessas atividades. Segue, no quadro 8, o compilamento desses tempos, onde pode ser verificado um índice relevante de atividades que não agregam valor ao produto - 84,5% - enquanto que as atividades que agregam valor totalizam apenas 15,5% de todo o tempo despendido.

<b>NÚMERO DA OPERAÇÃO NO FLUXO</b>	<b>AGREGA VALOR (tempo medido)</b>	<b>NÃO AGREGA VALOR (tempo medido)</b>
1, 2 e 3		1,45 minutos
4	6,2 segundos	
5 e 6		1,25 minutos
7		20 minutos
8, 9,10		1,40 minutos
11	6,47 segundos	
12 até 20		3,15 minutos
21	3,78 segundos	
22, 23, 24		1,50 minutos
25	5 minutos	
<b>TOTAL</b>	5,27 minutos (316,2 segundos)	28,75 minutos (1.725 segundos)
	<b>15,5%</b>	<b>84,5%</b>

**Quadro 8 – Tempo de agregação e não agregação de valor**

Fonte: A autora

É importante salientar que a etapa 7, mesmo sendo uma operação de processamento, apenas prepara o capacitor para a solda, ou seja, não realiza nenhum tipo de transformação no produto.

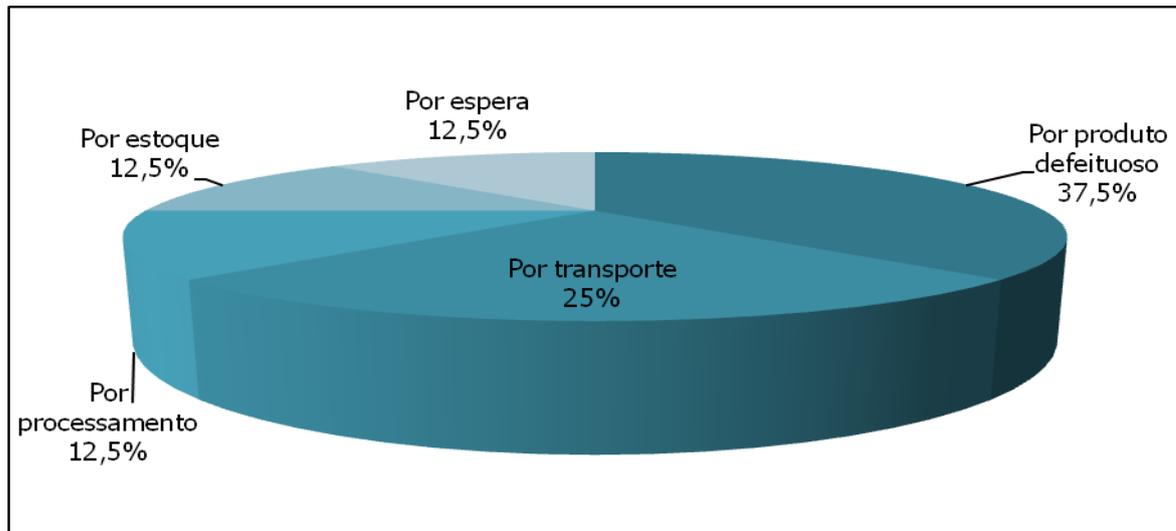
Tão importante quanto quantificar é qualificar os tipos de desperdícios. É a partir da qualificação das perdas que é possível verificar a real ineficiência bem como optar pela melhor forma de saná-la. O quadro 9 abrange a classificação dos tipos de perdas inerentes ao processo.

<b>PERDAS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
Por transporte	Deslocamento entre o processo de pré-corte e o processo de lavagem. Deslocamento do processo de solda para a etapa de inspeção de tração.
Por processamento	Tempo do processo de lavagem (prepara para a solda, mas não transforma o produto).
Por produto defeituoso	Etapa de inspeção visual e retirada de limalhas. Etapa de inspeção de tração. Etapa de inspeção com gabarito coaxial.
Por estoque	Estoque antes da etapa de inspeção visual e retirada de limalhas.
Por espera	Espera na etapa 21 pelas peças que estão na etapa 20.

**Quadro 9 – Classificação das perdas inerentes ao processo**

Fonte: A autora

Observa-se no quadro 9 que existem oito tarefas que representam perdas, as quais são classificadas em cinco tipos distintos: transporte, processamento, produto defeituoso, estoque e espera. O gráfico 2 apresenta o impacto que cada tipo de perda oferece.



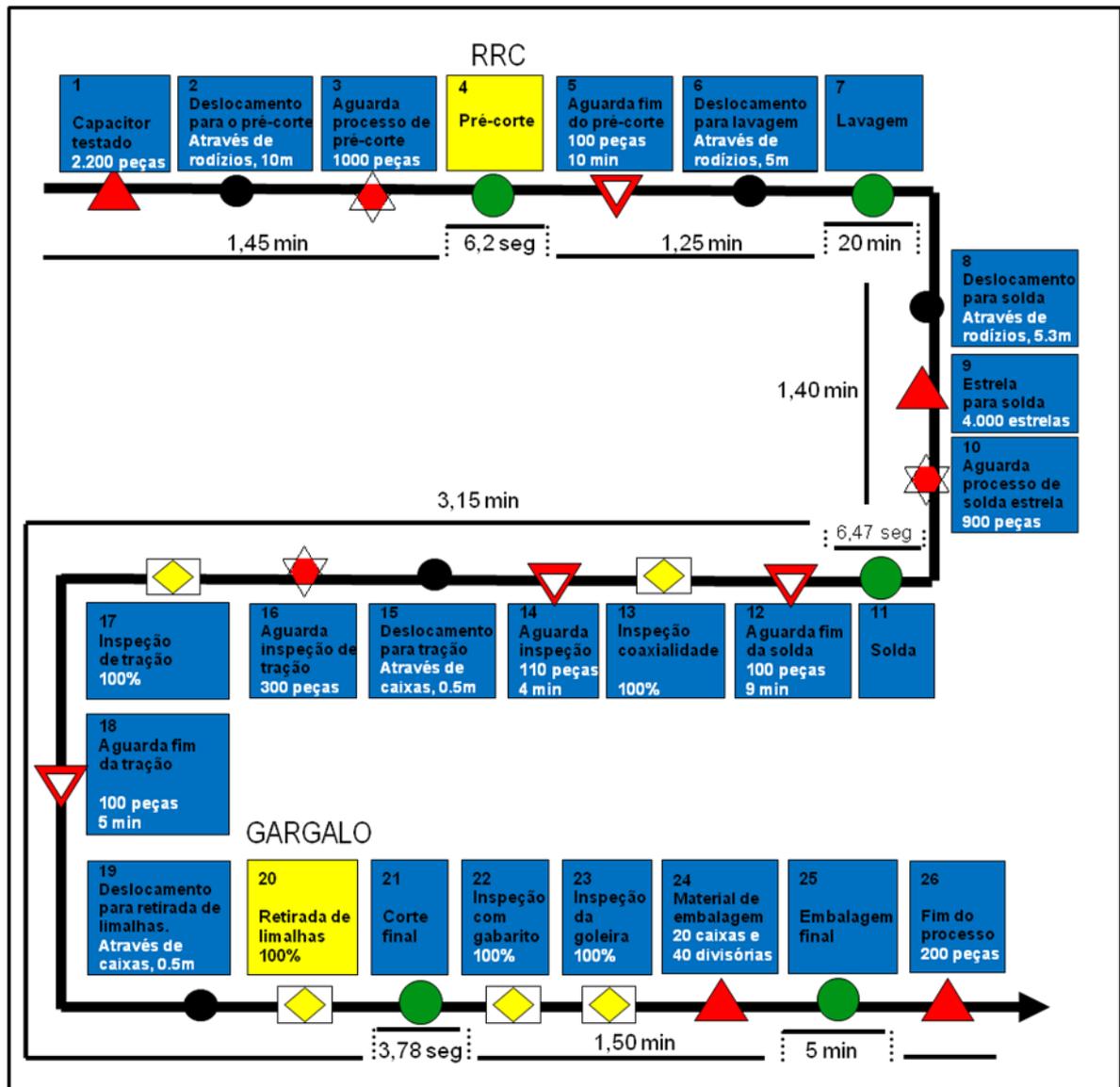
**Gráfico 2 – Análise das perdas**

Fonte: A autora

A classificação que mais apresenta perdas é a por produto defeituoso, na qual as inspeções (visual, tração e gabarito coaxial) representam a necessidade de reparar o processo de forma corretiva. No referencial teórico deste trabalho, Slack *et al.* classificam esse tipo de perda como proveniente de variabilidade no processo. Se houvesse um processo garantido e de acordo com as especificações, não haveria necessidade destas operações. Aqui se reforça mais uma vez a importância de atuar na etapa de solda, a qual é responsável pela geração de toda a perda proveniente de produtos defeituosos (variabilidade do processo).

Outras atividades que também representam perda significativa no processo são as por transporte. Geralmente esse tipo de perda pode ser minimizado através do estudo do *layout* do local. Perdas por processamento, por estoque e por espera também foram registradas. O balanceamento do fluxo poderia reduzi-las e, até mesmo, eliminá-las. As perdas citadas neste parágrafo são definidas no referencial teórico deste trabalho como provenientes de irregularidades no fluxo, o que reforça ainda mais o argumento de que somente o balanceamento do fluxo já auxiliaria no

aumento da eficiência. Para facilitar a visualização das perdas, foi acrescentada ao mapeamento, a simbologia proposta no referencial teórico quanto aos elementos do



fluxo. A partir dessas premissas elaborou-se a figura 11.

**Figura 11– Mapeamento do fluxo de produção agregando simbologia dos elementos**

Fonte: A autora

#### 6.4. SUGESTÕES DE MELHORIAS

Durante cada tema desenvolvido foram sendo propostas as melhorias que viriam a beneficiar o andamento das atividades e, conseqüentemente, melhorar a eficiência. O quadro 10 faz um apanhado das melhorias propostas deixando-as mais objetivas e específicas através da utilização da ferramenta 5W2H (*What, Why, Who, When, Where, How, How much*). Cabe ressaltar que os dados referentes à coluna

que seria *When* não estão presentes, pois dependem da decisão da empresa. As colunas relacionadas a *Where* e *How* também não se fazem necessárias em função de já estarem presentes nas colunas *What* e *Why*.

<b>WHAT</b>	<b>WHY</b>	<b>WHO</b>	<b>HOW MUCH</b>
Realizar <i>taguchi</i> na etapa de solda	Reduzir índice de limalhas	Engenharia de produto	Sem investimento
Realizar <i>Kaizen</i> na etapa de solda	Reduzir perdas por inspeções posteriores	Engenharia de processo	Sem investimento
Realizar balanceamento do processo	Ocupar de forma equilibrada todos os operadores, reduzir perdas por estoques	Supervisão de produção	Sem investimento
Agrupar as operações de corte final e inspeção	Apesar de não ser gargalo e RRC, é uma ação fácil de ser implementada e liberará um operador para auxiliar nas demais atividades	Engenharia de processo	Sem investimento
Revezar posições de trabalho	Gerar multifuncionalidade e redução da fadiga	Supervisão da produção	Sem investimento
Criar cronograma de manutenção preventiva	Evitar parada dos equipamentos de forma imprevista	Técnico de processo	Sem investimento
Implementar troca rápida de ferramentas	Reduzir tempo de manutenções e <i>setup</i>	Técnico de processo	R\$ 2.000
Melhorar operação e capacidade produtiva do RRC	Prevenir interrupções que possam prejudicar o gargalo	Engenharia de processo	R\$ 20.000

#### **Quadro 10 – Plano de ação**

Fonte: A autora

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o desenvolvimento deste trabalho, pôde ser observado que existem muitos pontos falhos durante o processo, os quais não estão condizentes com a eliminação de *muda* e a geração de valor, conforme foca a metodologia enxuta.

Observa-se excesso nas etapas de retrabalho e inspeção (84,5%) enquanto que as operações que transformam o capacitor são mínimas (15,5%). A variabilidade do processo de solda é a principal causadora das falhas, pois 37,5% das atividades que não agregam valor são decorrentes da ineficiência deste equipamento.

Verifica-se também que a média de entrega de peças por turno é um pouco abaixo da capacidade gargalo, o que comprova que esta operação, além de ditar o ritmo do processo, está sendo subutilizada. Reforça-se, nesse ponto, a importância de otimização do gargalo e RRC, pois resultaria em um aumento na produção de, aproximadamente, 17%, pois a produção média sairia de 3.500 para 4.100 peças por turno, a qual é a capacidade produtiva do gargalo.

Outra observação importante refere-se à ociosidade de algumas atividades enquanto que outras acabam sendo sobrecarregadas, o que, por sua vez, nos remete à necessidade de balanceamento das mesmas. É importante salientar que o balanceamento deve levar em consideração a necessidade de pulmões para que o gargalo não seja afetado.

O *Lean Manufacturing* viria a calhar na resolução dos problemas encontrados bem como no aumento de eficiência deste setor. Durante o desenvolvimento da metodologia foram propostas muitas ações que levam a esse pensamento, como balanceamento do processo, redução de perdas e melhoria contínua. A atuação no recurso gargalo bem como no RRC também é crucial, visto que os mesmos ditam o ritmo do processo e são os responsáveis pelas perdas por espera.

O quadro 11 compila os objetivos propostos inicialmente neste trabalho bem como os resultados encontrados.

OBJETIVOS	RESULTADOS
Mapear o processo produtivo	Figura 11
Medir ciclos das operações, tempo de atravessamento, <i>lead time</i> de produção	Quadros 3 e 4
Medir eficiência das operações através do IROG	Quadro 7
Identificar gargalos e restrições	Figura 11
Identificar perdas	Quadros 8 e 9
Propor ações de melhorias	Quadro 10

**Quadro 11 – Objetivos propostos x resultados obtidos**

Fonte: A autora

Para estudos futuros que busquem aumento de eficiência ainda maior, cabe indicar estudo *kaizen* focando a etapa de solda, com intuito de diminuir movimentos, mas, principalmente, reduzir problemas de qualidade provenientes das atividades excessivamente manuais. É relevante também expandir o mapeamento para toda a cadeia de valor, incluindo outras empresas pertencentes ao fluxo, principalmente fornecedoras de matéria-prima que podem melhorar a qualidade dos insumos fornecidos bem como agilizar a entrega dos mesmos. Cabe ressaltar o pensamento de Womack e Jones (1998, p. 10):

A criação de empresas enxutas exige *realmente* uma nova forma de pensar sobre o relacionamento entre as empresas, alguns princípios simples para ajustar o comportamento entre as empresas e *transparência* quanto a todos os passos dados ao longo do fluxo de valor, para que cada participante possa verificar se as outras empresas estão se comportando de acordo com os princípios especificados.

Este trabalho também proporcionou a assimilação de muitos conteúdos propostos teoricamente na universidade, visto que permitiu aplicá-los. Ele fez refletir sobre a importância de conhecer os processos, pois é só a partir desse conhecimento que é possível mensurar e controlar, uma das atividades principais da administração. Além do mais, observou-se que um bom diagnóstico reflete em tratamentos eficazes e, na maioria das vezes, de baixo custo, conforme verificado neste trabalho que levantou um custo total de R\$ 22.000 para implementação das ações.

Por fim, pode-se concluir que este estudo de caso conseguiu atingir os objetivos propostos inicialmente e, a partir dele, a empresa poderá alavancar resultados positivos referentes à eficiência no setor dos especiais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, César G. **Organização, sistemas e métodos e as tecnologias de gestão organizacional**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

ARKADER, R. Benefícios e problemas nas relações de fornecimento enxuto: indicações na indústria automobilística brasileira. **Revista de Administração Contemporânea**, Curitiba, v.2, n.1, jan./abr. 1998. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S141565551998000100008&lng=pt&nrm=iso#q2](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141565551998000100008&lng=pt&nrm=iso#q2)>. Acesso em: 30/05/2010

CORRÊA, Henrique L. e CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações**. São Paulo: Atlas, 2004.

CORRÊA, Henrique L. e GIANESI, Irineu G. N. **Just in time, MRPII e OPT**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1993.

GEORGE, Michael L. **Lean seis sigma para serviços**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

GOLDRATT, Eliyahu M. **A meta: um processo de aprimoramento contínuo**. 4. ed. São Paulo: Educator, 1997.

MAXIMIANO, Antônio César Amaru. **Teoria geral da administração**. São Paulo: Atlas, 2006.

MOTTA, Fernando e VASCONCELOS, Isabella. **Teoria geral da administração**. 3. ed. rev. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

LEAN INSTITUTE BRASIL. Os 5 princípios do *Lean Thinking*. Coordenação José Roberto Ferro. Desenvolvido por *Lean Institute* Brasil em 1998. Apresenta textos relacionados à filosofia *lean*. Disponível em: <<http://www.lean.org.br>>. Acesso em: 30/05/2010.

PANTALEÃO, Luiz. **Capacitação tecnológica "In Company"**. Manual de treinamento *Lean Manufacturing* do grupo Prodttare. Porto Alegre, 2008.

SHINGO, Shigeo. **Sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, Nigel *et al.*. **Administração da produção**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SLACK, Nigel *et al.*. **Gerenciamento de operações e de processos**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

SOUZA, Fernando Bernardi de. Do OPT à teoria das restrições: avanços e mitos. **Revista Produção**, v. 15, n. 2, p.184-197, maio/ago. 2005.

STEVENSON, William J. **Administração das operações de produção**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

VELLANI, Luiz e RIBEIRO, Maísa. Sistema contábil para gestão da ecoeficiência empresarial. **Rev. Contab. Financ.**, v. 20, n. 49, p. 25-43, 2009. ISSN 1519-7077.

WOMACK, James P. e JONES, Daniela T. **A mentalidade enxuta nas empresas**. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

YIN, R. **Estudo de caso – planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZEYHER, Lewis R. **Manual de administração da produção**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1974.

## **ANEXO 1 – CURRICULUM VITAE**

### **DADOS PESSOAIS**

**Caroline Chagas Prates**

Nascimento: 13/03/1983, em Gravataí – RS

Endereço: Rua Comendador Tavares, 70 – Parque dos Anjos  
Gravataí – RS

E-mail: carol.prates@ibest.com.br

Telefones: (51) 3043-1393; (51) 9283-1149

### **TRAJETÓRIA ACADÊMICA**

**Ensino Superior:** Cursando o décimo semestre de Administração na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

**Ensino Técnico:** Técnico em eletrônica e automação industrial – Colégio Fundação Bradesco – Gravataí – RS.

Carga horária: 1200h (2003-2004).

**Ensino Profissionalizante:** Desenho e editoração eletrônica – SENAI de Artes Gráficas Henrique D'Ávila Bertaso.

Carga horária: 1200h (1999-2000).

**Ensino Médio:** Colégio Fundação Bradesco - Gravataí- RS.

**Ensino Fundamental:** Colégio Fundação Bradesco - Gravataí- RS.

### **TRAJETÓRIA PROFISSIONAL**

Empresa EPCOS do Brasil Ltda.

**Atividades desempenhadas (de 2004 até os dias atuais):** Planejamento, programação e controle da produção.

**Atividades desempenhadas (de 2001 até 2004):** Controle de qualidade.

### **IDIOMAS**

Inglês - Nível intermediário.

Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) – Nível intermediário

### **OUTRAS QUALIFICAÇÕES E CURSOS**

**Capacitação tecnológica em engenharia de produção**

Carga horária: 60 horas – PRODUTTARE

**Dicção, oratória e desinibição**

Carga horária: 20 horas - CDP

**Administração de conflitos**

Carga horária: 20 horas – FDRH

Bons conhecimentos em hardware, software, pacote Office e Internet.

Gravataí, 24 de junho de 2010.

**ANEXO 2 – HISTÓRICO ESCOLAR****CAROLINE CHAGAS PRATES 155957****Vínculo Atual**

Habilitação:

**ADMINISTRAÇÃO - NOTURNA**

Currículo:

**ADMINISTRAÇÃO - NOTURNO****HISTÓRICO AVALIADO  
ADMINISTRAÇÃO - NOTURNO - 2010/1**

Ano Semestre	Atividade de Ensino	Cre- ditos	Con- ceito	Caráter	Situação
2010/1	ÁLGEBRA LINEAR I - A (MAT01355)	4	-	Obrigatória	Liberação com crédito
2010/1	ANÁLISE MACROECONÔMICA (ECO02273)	4	-	Obrigatória	Liberação com crédito
2010/1	AVALIAÇÃO E RETRIBUIÇÃO DO TRABALHO (ADM01165)	4	-	Alternativa	Matriculado
2010/1	DIREITO ADMINISTRATIVO (DIR03302)	-	-	Obrigatória	Liberação sem crédito
2010/1	ECONOMIA A (ECO02254)	4	-	Obrigatória	Liberação com crédito
2010/1	HIGIENE E SEGURANÇA DO TRABALHO - A (MED05011)	2	-	Eletiva	Matriculado
2010/1	INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SISTEMAS (INF01115)	4	-	Eletiva	Matriculado
2010/1	OFICINA IV: GESTÃO SOCIAL E DESENVOLVIMENTO (ADM01022)	4	-	Obrigatória	Liberado
2010/1	SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GERENCIAIS (ADM01160)	4	A	Obrigatória	Habilitado
2010/1	TÓPICOS ESPECIAIS EM ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA (ADM01177)	-	-	Eletiva	Cancelado
2010/1	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ADMINISTRAÇÃO	-	-	Obrigatória	-
2009/2	GESTÃO DE OPERAÇÕES LOGÍSTICAS (ADM01015)	4	A	Alternativa	Habilitado
2009/2	GESTÃO SÓCIO-AMBIENTAL NAS EMPRESAS (ADM01012)	4	A	Obrigatória	Habilitado
2009/2	OFICINA III: VISÃO SISTÊMICA DAS ORGANIZAÇÕES (ADM01003)	4	A	Obrigatória	Habilitado
2009/2	PESQUISA OPERACIONAL I (ADM01120)	4	C	Alternativa	Habilitado
2009/2	PROJETO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO DE ADMINISTRAÇÃO (ADM01194)	4	A	Obrigatória	Habilitado
2009/1	ADMINISTRAÇÃO DE MARKETING (ADM01142)	4	A	Obrigatória	Habilitado
2009/1	ADMINISTRAÇÃO DE PROJETOS (ADM01138)	4	A	Obrigatória	Habilitado
2009/1	ADMINISTRAÇÃO FINANCEIRA DE LONGO PRAZO (ADM01140)	4	C	Obrigatória	Habilitado
2009/1	ESTRATÉGIAS ORGANIZACIONAIS (ADM01127)	4	C	Obrigatória	Habilitado
2009/1	RELAÇÕES DO TRABALHO (ADM01156)	4	A	Obrigatória	Habilitado
2008/2	ADMINISTRAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS (ADM01144)	4	A	Obrigatória	Habilitado
2008/2	ADMINISTRAÇÃO FINANCEIRA DE CURTO PRAZO (ADM01139)	4	A	Obrigatória	Habilitado
2008/2	INTRODUÇÃO AO MARKETING (ADM01141)	4	B	Obrigatória	Habilitado
2008/2	PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (ADM01137)	4	A	Obrigatória	Habilitado
2008/1	ADMINISTRAÇÃO E GOVERNO DO BRASIL E ESTÁGIO I (ADM01188)	6	A	Obrigatória	Habilitado
2008/1	ANÁLISE MICROECONÔMICA II (ECO02208)	4	B	Obrigatória	Habilitado
2008/1	ESTATÍSTICA GERAL II (MAT02215)	4	B	Obrigatória	Habilitado
2008/1	ESTRUTURA E INTERPRETAÇÃO DE BALANÇOS	4	B	Obrigatória	Habilitado

2008/1	(ECO03341) FILOSOFIA E ÉTICA NA ADMINISTRAÇÃO (ADM01009)	4	A	Obrigatória	Habilitado
2007/2	ESTATÍSTICA GERAL I (MAT02214)	4	A	Obrigatória	Habilitado
2007/2	INSTITUIÇÕES DE DIREITO PRIVADO E LEGISLAÇÃO COMERCIAL (DIR02203)	4	A	Obrigatória	Habilitado
2007/2	METODOLOGIA BÁSICA DE CUSTOS (ECO03320)	4	B	Obrigatória	Habilitado
2007/2	ORGANIZAÇÃO DA PRODUÇÃO (ADM01136)	4	A	Obrigatória	Habilitado
2007/2	ORGANIZAÇÃO E MÉTODOS E ESTÁGIO I (ADM01187)	6	A	Obrigatória	Habilitado
2007/1	INTRODUÇÃO À CIÊNCIA POLÍTICA (HUM06409)	4	C	Eletiva	Habilitado
2007/1	INTRODUÇÃO À INFORMÁTICA (INF01210)	4	A	Obrigatória	Habilitado
2007/1	PSICOLOGIA APLICADA À ADMINISTRAÇÃO (ADM01110)	4	A	Obrigatória	Habilitado
2006/2	ANÁLISE MICROECONÔMICA I (ECO02207)	4	-	Obrigatória	Liberação com crédito
2006/2	CÁLCULO I-B (MAT01102)	6	A	Obrigatória	Habilitado
2006/2	DIREITO E LEGISLAÇÃO SOCIAL (DIR04401)	4	A	Obrigatória	Habilitado
2006/2	INSTITUIÇÕES DE DIREITO PÚBLICO E LEGISLAÇÃO TRIBUTÁRIA (DIR04416)	4	B	Obrigatória	Habilitado
2006/2	INTRODUÇÃO À CONTABILIDADE (ECO03343)	4	-	Obrigatória	Liberação com crédito
2006/2	INTRODUÇÃO À SOCIOLOGIA PARA ADMINISTRAÇÃO (HUM04004)	4	-	Eletiva	Liberação com crédito
2006/2	INTRODUÇÃO ÀS CIÊNCIAS ADMINISTRATIVAS (ADM01185)	4	-	Obrigatória	Liberação com crédito
2006/2	LÍNGUA PORTUGUESA I A (LET01405)	4	-	Obrigatória	Liberação com crédito
2006/2	MATEMÁTICA FINANCEIRA - A (MAT01031)	4	-	Obrigatória	Liberação com crédito
2006/2	SOCIOLOGIA APLICADA À ADMINISTRAÇÃO (ADM01104)	4	B	Obrigatória	Habilitado
2006/2	TEORIA GERAL DA ADMINISTRAÇÃO (ADM01115)	4	-	Obrigatória	Liberação com crédito

## CRÉDITOS LIBERADOS

Ano Semestre	Caráter	Créditos	Tipo do Crédito Liberado	Observação
2010/1	Complementar	4	Estágios não obrigatórios UFRGS [S]	Atividades desenvolvidas na empresa EPCOS do Brasil Ltda. e cursos realizados

[S] - Conta para o número de tipos de atividades

[N] - Não conta para o número de tipos de atividades

Créditos Obtidos	Créditos do Currículo
Obrigatórios: 166	Obrigatórios: 174
Eletivos: 8	Eletivos: 12
Complementares: 4	Complementares: 6
Tipos de atividades complementares(*): 1	Tipos de atividades complementares: 2

Taxa de Créditos não Integralizados: **7,21%**

(\*) **Observação:** O aluno que obteve seus créditos complementares antes de 05/08/2009, Res. 24/2006 do CEPE, não terá o número de tipos de atividades complementares registradas, tendo em vista que essa obrigatoriedade de registro se fez necessária após 05/08/2009, através da Res. 50/2009 do CEPE.