

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

BENEDITO TEODORO DE SOUZA

**UM ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS EXISTENTES EM CÉLULAS DE  
MANUFATURA E SUAS INFLUÊNCIAS NO RENDIMENTO GLOBAL, UTILIZANDO  
INDICADOR DE EFICIÊNCIA (O.E.E.).**

São Bernardo do Campo  
2011

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

BENEDITO TEODORO DE SOUZA

**UM ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS EXISTENTES EM CÉLULAS DE  
MANUFATURA E SUAS INFLUÊNCIAS NO RENDIMENTO GLOBAL, UTILIZANDO  
INDICADOR DE EFICIÊNCIA (O.E.E.).**

Dissertação de Mestrado orientada pelo Prof. Dr. Alexandre  
Massote e apresentada ao Centro Universitário da FEI para a  
obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção .

São Bernardo do Campo  
2011

Benedito Teodoro de Souza



Centro Universitário da FEI

## APRESENTAÇÃO DE DISSERTAÇÃO ATA DA BANCA JULGADORA

PGE- 10

### Programa de Mestrado de Engenharia Mecânica

Aluno: Benedito Teodoro de Souza

Matrícula: 208125-5

Título do Trabalho: Um Estudo das Características Existentes em Células de Manufatura e suas Influências no Rendimento Global, utilizando indicador de Eficiência (O.E.E).

Área de Concentração: Produção

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Augusto Massote

Data da realização da defesa: 16 / Fevereiro / 2011

A Banca Julgadora abaixo-assinada atribuiu ao aluno o seguinte:

APROVADO ☒

REPROVADO ☐

São Bernardo do Campo, 16 / 02 / 2011

#### MEMBROS DA BANCA JULGADORA

Prof. Dr. Alexandre Augusto Massote

Ass.: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. João Chang Júnior

Ass.: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Alvaír Silveira Torres Júnior

Ass.: \_\_\_\_\_

#### VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO

ENDOSSO DO ORIENTADOR APÓS A INCLUSÃO DAS  
RECOMENDAÇÕES DA BANCA EXAMINADORA

Aprovação do Coordenador do Programa de Pós-graduação

Prof. Dr. Agenor de Toledo Fleury

Dedico este trabalho ao meu orientador, aos meus pais (*in memoriam*), aos meus amigos, à minha esposa, Denise, e aos meus filhos, Beatriz e Pedro, que tanto amo, por me apoiarem a retomar a vida acadêmica, mesmo tendo que, por muitas vezes, me afastar do convívio do lar.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos colegas da Produção de Eixos, aos gestores Bart Laton, José de Carlos Nascimento, Raimundo Remlinger, Carlos Ricardo F. Holtz, Edilene Caparroz, José Clodoaldo Rubim, Edson Nicolai, Marcos E. Florindo, Luigi Gambirasio Júnior pelo apoio e ajuda.

Agradeço aos colegas do Mestrado, José R. Zampieri Jr., Andrei La Neve e Paulo A.M.V. Tirapelli, que ajudaram a superar os momentos difíceis.

Agradeço também a todos os meus Professores, Mestres e Doutores, que, de uma forma ou de outra, me orientaram e assessoraram nas pesquisas, análises e em todo o desenvolvimento deste trabalho para que fosse conduzido e concluído de maneira clara e objetiva.

Ao companheiro de pesquisa Engenheiro Leandro Ferrari pelo apoio, grandiosa ajuda e discussões técnicas enriquecedoras durante a pesquisa.

Aos amigos Anderson Precioso, Vlademir Gava, Israel Souza, Wilson Gimenes e Ângelo Goldoni pelo incentivo.

Aos Doutores Alvaír Torres Júnior e João Chang pelas dicas e conselhos durante a elaboração deste trabalho.

Ao meu orientador, Professor Dr. Alexandre Massote, que me proporcionou enriquecedores e crescentes desafios aliados com o seu profundo conhecimento sobre o tema desenvolvido, seu apoio e sua costumeira dedicação na orientação que permitiram a conclusão deste trabalho.

Finalmente, um agradecimento especial a minha família pela confiança e atenção em mim depositadas.

Principalmente, a Deus, por me permitir realizar esta obra.

*“Não tenha medo de crescer lentamente.  
Tenha medo, apenas, de ficar parado.”*

*(Provérbio chinês)*

## RESUMO

Buscar competitividade em economias dos países de mercados emergentes é hoje uma estratégia das multinacionais. Países como a China, Índia, Rússia e Brasil estão com o mercado econômico aquecido, daí o grande interesse de investidores nestes mercados. As multinacionais comparam o sistema de produção existente nos países tidos como potências econômicas com o sistema de produção do Brasil e, a partir desta comparação, estabelecem como meta obter o mesmo rendimento que têm na matriz. Por esse motivo, medir o sistema de manufatura é vital para a resolução de problemas e a melhoria contínua desses sistemas de manufatura. Portanto, faz-se necessário que as empresas brasileiras busquem melhorar continuamente a eficácia de seus equipamentos, identificando e eliminando as perdas e, com isso, reduzir os custos de fabricação. A eficácia global dos equipamentos utilizada na metodologia TPM - *Total Productive Maintenance*, na qual *Overall Equipment Effectiveness* (O.E.E.) – Índice de Eficiência Global – é o indicador utilizado para fazer as medições desta eficácia. Este trabalho pretende discutir, através de um estudo prospectivo em 51 células de manufatura de uma montadora de caminhões e ônibus, das quais foram selecionadas 30 células, como a medição, a análise dos dados de rendimento e, principalmente, as características das células influenciam o rendimento das células de manufatura.

**Palavras-chave:** *Overall Equipment Effectiveness* (O.E.E.), características em célula de manufatura com alto rendimento, desperdícios, rendimento de equipamentos.

## ABSTRACT

Search for competitiveness in the economies of emerging market countries is today a strategy of multinational corporations. Countries like China, India, Russia and Brazil present a heat market economy, hence the great interest of investors in these markets. Multinationals companies compare the current production systems in the countries considered as economic powers with the production system in Brazil, and from this comparison, set a goal to achieve the same performance that has the Headquarter. Therefore, measuring the manufacturing system is important to solving problems and continuous improvement of these systems. It is necessary that Brazilian companies seek to continually improve the effectiveness of their equipment, identifying and eliminating the losses and thereby reduce manufacturing costs. The overall effectiveness of equipment used in TPM - Total Productive Maintenance, which the Overall Equipment Effectiveness (OEE) - Global Efficiency Ratio, is the indicator used to make measurements of effectiveness. This study will discuss, through a prospective study in 51 manufacturing cells from which 31 cells were selected of trucks and buses manufacturing plant, how measurement, analysis of performance data and especially the characteristics of cells affect the yield of manufacturing cells.

**Keywords:** Effectiveness Overall Equipment Effectiveness (OEE), features in manufacturing cell with high yield, waste, equipments performance

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>FIGURA 3.1</b> – Relação entre Recursos Gargalos e Não-Gargalos .....                                         | 30 |
| <b>FIGURA 3.2</b> – Componentes do Tempo Disponível em um Processo de Produção .....                             | 31 |
| <b>FIGURA 3.3</b> – Lotes de Transferência e de Processamento .....                                              | 32 |
| <b>FIGURA 4.1</b> – O Indicador O.E.E. ....                                                                      | 37 |
| <b>FIGURA 4.2</b> – Conceito de produtividade.....                                                               | 43 |
| <b>FIGURA 5.1</b> – Idade das Máquinas da Diretoria de Fabricação de Eixos .....                                 | 60 |
| <b>FIGURA 5.2</b> – Célula de Usinagem da Coroa, um dos Componentes do Eixo.....                                 | 61 |
| <b>FIGURA 5.3</b> – Célula de Pré-Montagem do Eixo .....                                                         | 61 |
| <b>FIGURA 5.4</b> – Linha de Montagem do Eixo Dianteiro .....                                                    | 62 |
| <b>FIGURA 5.5</b> – Linha de Montagem do Eixo Traseiro.....                                                      | 62 |
| <b>FIGURA 5.6</b> – Linha de Montagem do Eixo Traseiro de Veículo Pesado .....                                   | 62 |
| <b>FIGURA 5.7</b> – Gráfico de Tempos de Usinagem .....                                                          | 65 |
| <b>FIGURA 6.1</b> – Banco de Dados Access utilizado pela Empresa .....                                           | 70 |
| <b>FIGURA 6.2</b> – Planilha para Recolhimento de Dados utilizada pela Empresa .....                             | 71 |
| <b>FIGURA 6.3</b> – Sistemática de Verificação das Perdas .....                                                  | 72 |
| <b>FIGURA 6.4</b> – Gráfico de Monitoramento Diário do O.E.E. por Célula .....                                   | 73 |
| <b>FIGURA 6.5</b> – Gráfico de Perdas Detalhadas por Célula .....                                                | 74 |
| <b>FIGURA 6.6</b> – Gráfico de Rendimento Mensal por Célula .....                                                | 75 |
| <b>FIGURA 6.7</b> – Gráficos de Rendimento Mensal médio do departamento todo no biênio.....                      | 76 |
| <b>FIGURA 6.8</b> – Gráfico O.E.E. por Célula no Período Estudado.....                                           | 78 |
| <b>FIGURA 6.9</b> – Gráfico Demonstrativo do Percentual de Todas as Características Existentes nas Células ..... | 82 |

|                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>FIGURA 6.10</b> – Gráfico Demonstrativo do Percentual de Influência das Características Relevantes Existentes nas Células..... | 84 |
| <b>FIGURA 6.11</b> – Gráfico O.E.E. das Células Divididas em Três Classes .....                                                   | 88 |
| <b>FIGURA 6.12</b> – Relatório das Características das Três Classes .....                                                         | 89 |
| <b>FIGURA 6.13</b> – Gráfico de Dispersão das Características das Três Classes .....                                              | 91 |
| <b>FIGURA 6.14</b> – Gráfico O.E.E. das Células Divididas em Quatro Classes .....                                                 | 92 |
| <b>FIGURA 6.15</b> – Relatório das Características das Quatro Classes .....                                                       | 93 |
| <b>FIGURA 6.16</b> – Gráfico de Dispersão das Características das Quatro Classes .....                                            | 95 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>TABELA 5.1</b> – Indicadores Anuais da Diretoria de Fabricação de Eixos ... ..          | 59 |
| <b>TABELA 5.2</b> – Dados das 30 Células Estudadas .....                                   | 63 |
| <b>TABELA 5.3</b> – Tabela para Cálculo de Tempos .....                                    | 66 |
| <b>TABELA 6.1</b> – As 51 Células nas quais, a princípio, se implantou o O.E.E. ....       | 68 |
| <b>TABELA 6.2</b> – Células de Manufatura com O.E.E. Médio do Período .....                | 76 |
| <b>TABELA 6.3</b> – <i>Check list</i> das Características das Células .....                | 79 |
| <b>TABELA 6.4</b> – Levantamento das Características por Célula .....                      | 81 |
| <b>TABELA 6.5</b> – Grupo de Três Classes de Células conforme suas Características .....   | 88 |
| <b>TABELA 6.6</b> – Grupo de Quatro Classes de Células conforme suas Características ..... | 92 |
| <b>TABELA 7.1</b> – Resumo das Características encontradas nas Células .....               | 97 |

## **LISTA DE QUADROS**

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>QUADRO 5.1</b> – Solicitações Dadas x Solicitações Atendidas .....                       | 54 |
| <b>QUADRO 5.2</b> – Evolução da Implantação de Grupos por Ano .....                         | 54 |
| <b>QUADRO 6.1</b> – Cronograma de Implantação O.E.E. ....                                   | 69 |
| <b>QUADRO 6.2</b> – Gráfico Farol da Implantação O.E.E. por Células e Centro de Custo ..... | 70 |
| <b>QUADRO 6.3</b> – Resumo das 16 características por célula.....                           | 85 |

## GLOSSÁRIO

**5S** – Ferramenta de trabalho que permite desenvolver um planejamento sistemático de classificação, ordem, limpeza,

**BI** – *Business Intelligence*.

**CDT** – Centro de Desenvolvimento Tecnológico.

**GQT** – Gerenciamento de Qualidade Total.

**ICP** – Indicador de Desempenho.

**JIT** – No tempo certo.

**KPI** – *Key Performance Indicator*.

**MPT** – Manutenção Preventiva Total.

**O.E.E.** – *Overall Equipment Effectiveness*.

**OPT** – Tecnologia de Produção Otimizada.

**SMED** – Troca de ferramenta em tempo menor que 10 minutos.

**STP** – Sistema Toyota de Produção.

**TOC** – Teoria das Restrições.

**TPM** – Manutenção Preventiva Total.

**TPS** – *Toyota Production System*.

**TRF** – Troca rápida de ferramenta.

**WIP** – Estoque em processo.

## LISTA DE EQUAÇÕES

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| <b>FÓRMULA 1</b> – Tempo de Carga .....                      | 38 |
| <b>FÓRMULA 2</b> – Tempo Real Disponível .....               | 38 |
| <b>FÓRMULA 3</b> – Disponibilidade em Percentual .....       | 38 |
| <b>FÓRMULA 4</b> – Cálculo de Desempenho .....               | 38 |
| <b>FÓRMULA 5</b> – Cálculo do Índice de Qualidade .....      | 38 |
| <b>FÓRMULA 6</b> – Fórmula do O.E.E. Parcial .....           | 39 |
| <b>FÓRMULA 7</b> – Cálculo de Produtividade .....            | 41 |
| <b>FÓRMULA 8</b> – Fórmula O.E.E. usada neste Trabalho ..... | 66 |

## SUMÁRIO

|       |                                                                         |    |
|-------|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | INTRODUÇÃO.....                                                         | 17 |
| 1.1   | Objetivos.....                                                          | 18 |
| 1.2   | Perguntas a Serem Respondidas .....                                     | 18 |
| 1.3   | Justificativa.....                                                      | 19 |
| 1.4   | Abrangência do Estudo .....                                             | 19 |
| 1.5   | Metodologia.....                                                        | 20 |
| 1.6   | Organização do Restante do Estudo.....                                  | 20 |
| 2     | PRODUÇÃO E TECNOLOGIA DA MANUFATURA .....                               | 21 |
| 2.1   | Evolução Histórica da Indústria Automobilística.....                    | 21 |
| 2.2   | Sistemas de Produção.....                                               | 22 |
| 2.2.1 | O Sistema de Produção em Massa .....                                    | 22 |
| 2.2.2 | Produção Enxuta .....                                                   | 23 |
| 2.3   | Células de Manufatura .....                                             | 26 |
| 2.3.1 | Definições de Célula de Manufatura .....                                | 26 |
| 2.3.2 | Características das Células de Manufatura .....                         | 27 |
| 2.3.3 | Vantagens das Células de Manufatura.....                                | 27 |
| 2.3.4 | Desvantagens das Células de Manufatura .....                            | 28 |
| 3     | TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC) .....                                       | 28 |
| 3.2   | Princípios da Teoria das Restrições .....                               | 29 |
| 3.3   | O Processo de Melhoria Contínua e o Processo de Raciocínio TOC .....    | 33 |
| 4     | INDICADORES DE DESEMPENHO .....                                         | 34 |
| 4.1   | <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (O.E.E.) .....                   | 36 |
| 4.2   | Definição de Perdas ou Desperdícios.....                                | 39 |
| 4.3   | Definição de Produtividade .....                                        | 41 |
| 5     | DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....                                        | 44 |
| 5.1   | Introdução.....                                                         | 44 |
| 5.2   | A Empresa Estudada .....                                                | 44 |
| 5.3   | O Trabalho em Grupo na Empresa Estudada .....                           | 48 |
| 5.3.1 | Indicadores de Desempenho do Trabalho em Grupo na Empresa Estudada..... | 53 |
| 5.3.2 | O Acordo Coletivo do Trabalho em Grupo na Empresa Estudada .....        | 55 |
| 5.4   | A Diretoria de Produção de Eixos da Empresa.....                        | 59 |
| 5.5   | As 30 Células de Manufatura Estudadas .....                             | 63 |
| 5.5.1 | Tempos de Fabricação .....                                              | 64 |
| 5.6   | Cálculo do O.E.E. ....                                                  | 65 |
| 6     | RESULTADOS OBTIDOS.....                                                 | 67 |
| 6.1   | Introdução.....                                                         | 67 |
| 6.2   | Implantação do O.E.E. ....                                              | 67 |

|      |                                                                                                         |     |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.3  | Banco de Dados O.E.E. ....                                                                              | 70  |
| 6.4  | Resultados Obtidos no Banco de Dados O.E.E. ....                                                        | 72  |
| 6.5  | Descarte de Dados de Células no Estudo ....                                                             | 76  |
| 6.6  | Rendimento das 30 Células Estudadas no Período de 17 Meses.....                                         | 77  |
| 6.7  | Levantamento das Características das Células .....                                                      | 78  |
| 6.8  | Levantamento das Características que Influenciam no Rendimento das Células.....                         | 80  |
| 6.9  | Análises Estatísticas de Dados.....                                                                     | 85  |
| 6.10 | Agrupamento de Três Classes de Células segundo SPAD 3.6 .....                                           | 87  |
| 6.11 | Agrupamento de Quatro Classes de Células segundo SPAD 3.6 .....                                         | 91  |
| 7    | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS .....                                                                 | 96  |
| 7.1  | Conclusões sobre as Características das Células de Manufatura que Influenciam no Rendimento Global..... | 96  |
| 7.2  | Comentários Finais e Recomendações.....                                                                 | 98  |
| 8    | REFERÊNCIAS .....                                                                                       | 100 |

## 1 INTRODUÇÃO

Nas três últimas décadas, as empresas têm mudado radicalmente sua estrutura de manufatura como uma resposta para a globalização de mercados e aumento da competitividade. Segundo Chiaradia (2004), o mercado brasileiro possui características econômicas relacionadas aos custos dos equipamentos de usinagem diferentes dos custos de mão de obra de outros países desenvolvidos, que são os maiores produtores de automóveis no mundo. No Brasil, os custos de depreciação horária dos equipamentos são, em média, maiores que os custos de mão de obra. Ainda segundo Chiaradia, no Japão, esta relação entre os custos de depreciação dos equipamentos e os custos de mão de obra se comporta de maneira contrária à do Brasil.

Assim, o parque industrial brasileiro, com sua capacidade instalada próxima e hoje, por vezes, menor que a demanda, necessita de flexibilidade de recursos para maximizar sua utilização. Isso não ocorre em países desenvolvidos, onde a ociosidade dos equipamentos, por definição estratégica ou pelo alto nível de automação, é alta. Portanto, faz-se necessário que as empresas brasileiras busquem melhorar continuamente a eficácia de seus equipamentos, identificando, caracterizando e eliminando as perdas e, com isso, reduzir custos de fabricação.

Algumas teses e artigos escritos no Brasil relatam trabalhos realizados em células virtuais, com simulações que ficaram bem próximas das realidades (ZAGONEL, 2006). Outros autores trabalharam com casos de pequenas e médias empresas do interior do Estado de São Paulo e Minas Gerais (SANTOS, A.C.O.; SANTOS, M.J., 2007). Vários autores escreveram sobre perdas e desperdícios existentes no processo de produção e apontam algumas “grandes perdas” deste processo. Nestes trabalhos, utilizaram-se do O.E.E. para levantar as perdas.

*Overall Equipment Effectiveness* (O.E.E.) é um indicador utilizado para medir as perdas. A utilização do indicador O.E.E., conforme proposto pela metodologia TPM, permite que as empresas analisem as reais condições da utilização de seus ativos. Estas análises das condições ocorrem a partir da identificação das perdas existentes em ambiente fabril. Envolvem índices de disponibilidade de equipamentos, desempenho e qualidade e medem a eficiência da utilização do

ativo através da relação entre o tempo efetivo de agregação de valor e o tempo calendário, num determinado período.

O objetivo deste indicador é verificar a eficiência global dos equipamentos, medir a eficiência da utilização do ativo, comparando a produção boa realizada com a produção teórica possível de ser realizada num determinado período de tempo, e apontar as características em comum nas células, principalmente nas de alto rendimento.

## **1.1 Objetivos**

Os objetivos deste trabalho são:

- a) Discutir, através de um estudo prospectivo em células de manufatura de uma montadora de caminhões e ônibus, como a medição, a interpretação e o trabalho, focando a eficácia global dos equipamentos, podem auxiliar na melhoria contínua dos equipamentos e na eficiência do sistema de manufatura. O objetivo é uma proposta de análise prática dos resultados obtidos nesta multinacional cuja usinagem está disposta em células de fabricação, semelhante ao sistema Toyota;
- b) Mapear estas células de manufatura com objetivo de conhecer e identificar as características de cada uma delas;
- c) Agrupar as células de manufatura conforme seu rendimento e desempenho de produtividade;
- d) Identificar as características que definem as células de alto rendimento.

## **1.2 Perguntas a Serem Respondidas**

- a) Um acompanhamento sistemático no rendimento das células de manufatura pode melhorar seu rendimento?
- b) Existem características em comum em células de manufatura que podem definir seu rendimento?

c) É possível agrupar as células de manufatura em alto desempenho, médio desempenho e baixo desempenho através de características comuns?

### **1.3 Justificativa**

Nos anos de 2007 e 2008, as indústrias automobilísticas tiveram um pico de produção acima de sua capacidade instalada. Ficou-se com o dilema de investir x aumentar o grau de utilização dos meios ora instalados. Como investir em aquisição de máquinas e equipamentos é um processo no qual se atinge resultado em apenas um prazo mínimo de 12 meses, optou-se por, nesses 12 meses de carência de investimentos, obter o máximo rendimento dos equipamentos instalados. Na empresa analisada, foram estudados vários indicadores e adotado o O.E.E. em todas as células de manufatura consideradas gargalos no processo de produção.

Após esta decisão, o estudo do indicador e sua implantação, obteve-se um aumento significativo de produtividade nas células implantadas sem nenhum investimento em aquisição de máquinas ou equipamentos. Foi possível verificar também que muitos dos investimentos seriam desnecessários uma vez que se consegue produzir mais mapeando as perdas, analisando e eliminando-as e, conseqüentemente, aumentando o grau de utilização. Todavia, se houver um estudo das características das células a serem adquiridas antes de implantá-las, pode-se planejar e atingir o valor máximo de desempenho nos equipamentos que irão compor estas células.

### **1.4 Abrangência do Estudo**

Pode-se estudar uma célula de manufatura e seu rendimento de várias maneiras e são diversas as ferramentas existentes para este fim. Este trabalho se restringe a levantar, com profundidade, as perdas existentes no processo produtivo e caracterizar as células de manufatura conforme seu desempenho, utilizando os resultados do O.E.E. em uma empresa automobilística. Não serão estudados os dispositivos para diminuir ou eliminar as perdas.

Não serão abordados neste trabalho aspectos econômicos e financeiros a cerca dos investimentos na produção com a aquisição de novos equipamentos bem como comparativos de

investimentos em novas ferramentas ou tecnologias. Somente serão estudados os pontos de perdas existentes nos processos produtivos e suas características.

Também não é escopo deste trabalho o estudo de novas tecnologias de usinagem de peças.

## 1.5 Metodologia

Iniciou-se o trabalho com uma pesquisa bibliográfica, utilizando principalmente artigos publicados em periódicos especializados nacionais e internacionais, artigos de congressos e artigos disponíveis na Internet. Devido ao tema ser relativamente novo, o número de livros sobre o assunto é pequeno, ressaltando o fato de que os poucos encontrados são, em sua maioria, em inglês e alemão.

Pelas características, este trabalho se enquadra como quantitativo no levantamento de dados do O.E.E., pois, segundo Tanaka e Melo (2001), avaliar resultados que podem ser contados e expressos por números e também possuir uma abordagem focalizada e pontual e estruturada é definido como quantitativo. Em seguida, usou-se a Análise de Correspondência para a análise dos dados bem como também a Análise Multivariada para buscar os agrupamentos objetivados, que também caracterizam o trabalho como quantitativo.

## 1.6 Organização do Restante do Estudo

O **Capítulo 2** apresenta uma revisão bibliográfica na qual se abordam os fundamentos teóricos sobre a produção e a tecnologia nela envolvida, quais os principais tipos de produção existentes e as suas vantagens e desvantagens. Já o **Capítulo 3** mostra uma revisão bibliográfica sobre a teoria das restrições e análises de gargalos. No **Capítulo 4**, é feita outra revisão bibliográfica, desta vez a cerca das características dos indicadores de desempenho, focando a teoria do O.E.E., e uma definição também de perda e produtividade. Faz parte do **Capítulo 5** uma abordagem sobre o desenvolvimento do trabalho, a empresa avaliada, as características dos processos produtivos, as suas máquinas e peças. No **Capítulo 6**, são apontados os resultados obtidos sobre as células estudadas, classificando-as conforme suas características. Finalmente, no **Capítulo 7**, expõem-se as conclusões e recomendações.

## 2 PRODUÇÃO E TECNOLOGIA DA MANUFATURA

### 2.1 Evolução Histórica da Indústria Automobilística

Sabe-se que, desde os primórdios até o século XV, os produtos eram feitos por artesãos. O fortalecimento dos comerciantes, denominados burgueses, e o declínio dos governos absolutistas abriram um novo tipo de negócio – a produção em escala –, que passou a ter o fornecimento de matérias-primas por terceiros. É desse período (1776) a publicação “Ensaio sobre a Riqueza das Nações”, do economista escocês Adam Smith. Foi, então, que nasceu a Revolução Industrial (PIRES, 2004). A máquina a vapor, inventada por James Watt em 1776, foi a grande alavancadora deste processo. Rapidamente, viabilizou a construção de máquinas que podiam produzir de forma repetitiva, mais rápida e com melhor qualidade, criando um comércio forte, porém, com baixa produtividade e concorrência local.

Nos últimos cem anos, a indústria automobilística mudou o mundo. Desenvolveu-se, cresceu e tornou-se a indústria mais representativa do mundo sob o aspecto econômico e tecnológico. Nesta caminhada, temos que lembrar de Ford, que, em 27 de setembro de 1908, produziu seu primeiro Ford modelo T. Em 1910, montou um complexo fabril maior em Detroit. Em 1925, a montadora de veículos Ford já tinha seus concorrentes nos EUA: a *Chrysler/Dodge* e a GM, que, por sua vez, fora subdividida em Chevrolet, *Pontiac*, *Oldsmobile*, *Buick* e *Cadillac*, variando os produtos dos mais baratos aos mais caros. Nas décadas de 70 e 80, apareceram do outro lado do planeta os japoneses, com produtos de alta qualidade e baixos preços. Logo, dominaram os mercados, principalmente o americano. Tal fato gerou uma necessidade de reação, nascendo um dos precursores da globalização.

Começaram-se, então, peregrinações ao Japão para visitas técnicas ao chamado sistema Toyota de produção, que, baseado no JIT (*Just-in-Time*), criou um conjunto de boas práticas e procedimentos (PIRES, 2004). De acordo com Womack, Jones e Roos (1992), a verdadeira importância da indústria japonesa está no fato de não ter replicado o venerável enfoque da produção em massa norte-americana. Os japoneses estavam desenvolvendo uma maneira inteiramente nova de produzir, a produção enxuta.

A grande diferença entre o produtor enxuto e o produtor em massa é a constante busca pela perfeição, seja ela no processo ou no produto. O produtor enxuto alia as vantagens da produção artesanal com a produção em massa, evitando os altos custos desta primeira e a rigidez desta última. Com essa finalidade, emprega na produção enxuta: as equipes de trabalhadores multiqualeificados em todos os níveis da organização, além de máquinas altamente flexíveis e cada vez mais automatizadas para produzir imensos volumes de produtos de ampla variedade.

Segundo Invernizzi (2006), o sucesso alcançado pelo sistema criado por Ohno foi tão grande que ultrapassou os muros das fábricas da Toyota e, hoje em dia, é um modelo que está sendo seguido por outras empresas em diversas partes do mundo. No caso específico do Brasil, podem-se encontrar vários exemplos de empresas que adotaram o Sistema *Lean* de Manufatura e obtiveram expressivos resultados, como a Mercedes-Benz do Brasil, a Scania, a Eaton, etc.

## **2.2 Sistemas de Produção**

### **2.2.1 O Sistema de Produção em Massa**

O sistema de produção em massa começou com o Fordismo que, aplicado e difundido por Henry Ford, nasceu da necessidade de se produzir grandes quantidades de produtos ou peças para atender à demanda crescente de automóveis nas primeiras décadas do século XX. Foi baseado na intercambiabilidade de peças e na sua facilidade de ajustagem e montagem. O termo “produção em massa” significa produzir uma grande quantidade de um número pequeno de itens diferentes. Entretanto, a produção em massa levou à produção em grandes lotes de processamento como forma de aumentar a produtividade dos recursos disponíveis.

No período em que a produção em massa foi soberana, a decisão de produzir em grandes lotes não era um problema, pois os custos de estoque e os longos tempos de atravessamento eram absorvidos pelo resultado operacional positivo. Quando a demanda começou a mudar para muitos tipos diferentes em pequenas quantidades, surgiu o que Martins e Laugen (2005, p. 4) denominaram de “produção customizada”, e a produção em grandes lotes se tornou economicamente inviável.

Segundo Shingo (1996), produzir grandes pedidos (em massa) é algo muito bom, pois otimiza os recursos e aumenta a produtividade, entretanto, mesmo neste caso, a decisão de produzir em pequenos lotes, ou em lotes unitários, é a mais sensata e barata. Para ele, a produção em massa deveria ser chamada de produção em grandes lotes, pois foi isso que determinou o

aumento excessivo dos custos e sua inviabilidade diante dos novos desafios do mercado.

### 2.2.2 Produção Enxuta

No sistema de produção em massa, os custos somente caem na medida em que os volumes de produção aumentam (economia de escala). No Japão do pós-guerra, a produção em massa não era aplicável e foi necessário adaptá-la para criar um sistema novo com características diferentes (WOMACK; JONES; ROOS, 1992). No sistema de produção enxuta, o custo por unidade cai devido a outros fatores que não o volume de produção, quais sejam a eliminação dos estoques desnecessários e a redução drástica das peças defeituosas.

Essa nova forma de Gestão da Manufatura se deu com a criação, testes e padronização de diversas novas ferramentas e técnicas (WOMACK; JONES; ROOS, 1992). Serão citadas algumas delas que apresentam relevância para este estudo: qualidade na fonte, *Just-in-Time (JIT)/Kanban*, *setup* rápido ou troca rápida de ferramentas (TRF), células de manufatura, o fluxo de produção de uma peça ou fluxo unitário de peças, o nivelamento da produção (*Heijunka*) e o controle visual (lâmpadas ou painéis *andon*).

Conforme Moura (1989), para se atingir o *Just in Time* é preciso flexibilizar a produção e reduzir os tempos de atravessamento ou atravessamento da produção (*lead time*). Para isso, o melhor caminho é através do fluxo unitário de peças e do agrupamento de máquinas próximas umas das outras e na sequência de produção (célula). Com isso, se reduzem adicionalmente o transporte e o estoque em processo. De acordo com Womack e Jones (2004), não há como se produzir sem nivelar a produção, a fim de se evitar a formação de gargalos e de estoques pulmões nos processos anteriores para preveni-los. O Sistema Total de Produção (STP) ficou sendo chamado de sistema de produção enxuta com a publicação do livro “A Máquina que Mudou o Mundo”, por Womack, Jones e Roos, em 1990 (no Brasil em 1992).

O STP tem como base a eliminação dos desperdícios e está sustentado por dois pilares: o *Just-in-Time (JIT)* e a autonomia (OHNO, 1997); (WOMACK; JONES; ROOS, 1992); SHINGO, 1996); (SLACK et al., 1997). Segundo Shingo (1996), *Just-in-Time* significa “no momento certo”, “oportuno” e tem como objetivo eliminar todas as atividades que consomem recursos, mas que não agregam valor ao produto, os desperdícios. No STP, os sete tipos de desperdícios são: superprodução, espera, transporte, processamento, estoques, movimentos e produção de itens defeituosos (OHNO, 1997); (SHINGO, 1996); (SLACK et al., 1996); (CORRÊA; GIANESI, 1996); (RIBEIRO, 1989).

O segundo pilar do STP é a autonomação (*Jidoka*) e significa uma automação com um toque humano ou automação humanizada (OHNO, 1997); (RIBEIRO, 1989). Uma forma de praticar a autonomação é separar o homem da máquina e permitir que ele atue em diversas máquinas, sempre tendo a autorização para parar a linha em caso de ocorrência de defeitos. Outra forma é através da implantação de dispositivos à prova de erros e falhas, também chamados de *poka-yoke* ou *baka-yoke* (SLACK et al., 1996); (OHNO, 1997).

Na produção enxuta, o arranjo físico ou *layout* mais usado é o celular. Uma célula de manufatura tem geralmente o formato de um “U”, pois a prática mostrou que esta forma permite atingir os melhores resultados em termos de produtividade, além de facilitar a comunicação entre os operadores e a visualização do todo. No arranjo físico celular, o número de operadores é 50% a 70% menor do que o número de máquinas existentes. Com a aproximação das máquinas, as distâncias e os percursos dos operadores diminuem proporcionalmente, permitindo a operação de várias máquinas por um mesmo operador.

O tempo de atravessamento da célula é, em média, 90% inferior do que no arranjo físico funcional (HARMON; PETERSON, 1991). As características destas células são: máquinas menores, mais lentas e mais baratas, alocadas em sequência de acordo com o processo, produção em lote unitário com operadores multifuncionais trabalhando em pé e caminhando, tendo tempo de ciclo determinando a taxa de produção. Em cada máquina de uma célula de manufatura, deve ser previsto um dispositivo chamado desacoplador, no qual se coloca a peça já completada na máquina e pronta para ser encaminhada para a próxima.

Com isso, o operador pode trabalhar caminhando tanto no fluxo quanto no contrafluxo da célula, alimentando as máquinas e verificando a qualidade. Serve também para desligar temporariamente uma máquina, quando o limite máximo de peças for atingido. Uma célula de manufatura pode ser balanceada ou não. Balancear significa igualar os tempos de processamento e, de acordo com Black (1998), uma célula não precisa ser necessariamente balanceada, porém, nenhum tempo de processamento individual pode ser maior do que o tempo *takt*, ou seja, maior do que o ritmo de vendas.

Numa célula de manufatura, a polivalência ou multifuncionalidade dos operadores é fundamental. Isso é obtido através de treinamento intensivo e rodízio de tarefas dentro da célula. Quando nem todos os operadores são aptos a realizar todas as tarefas, pode-se lançar mão dos “coringas”, os quais, segundo Alvarez e Antunes (2003), são operadores multifuncionais e habilidosos, capazes de realizar todas as tarefas da linha. Na falta de algum operador, nos períodos de descanso ou nos horários de refeição estes ocupam os locais dos operadores ausentes até seu

retorno.

De acordo com Moura (1999), dentre os custos de produção o pior é o de estoque em processo (WIP). Estoques em processo, que já agregaram custos de produção, não podem ser vendidos, pois já não são nem matérias-primas aproveitáveis nem produtos utilizáveis. Além disso, quanto mais estoque em processo existir, maiores serão os *lead times* e menor a flexibilidade do processo para atender à demanda. A ferramenta usada na produção enxuta para o controle do fluxo produtivo e do estoque é o *Kanban*, palavra japonesa que equivale a cartão ou sinal.

Conforme Ohno (1997), o *Kanban* é uma ferramenta para operacionalizar o *Just-in-Time* (JIT) e começou com um pedaço de papel dentro de um envelope de vinil retangular, com informações sobre coleta, transferência e produção de componentes e produtos acabados. Segundo Moura (1999), trata-se de um sistema de autocontrole da produção que dispensa outros controles paralelos ou sistemas computacionais. A aplicação do *Kanban* vai além da informação de quando produzir e fornecer. Ele serve também para melhorar a produtividade, pois reduz o estoque no processo e expõe os problemas a serem solucionados.

Na produção enxuta, deve-se seguir o princípio de produzir “todas as peças em todos os intervalos” (*every part, every interval*), ou seja, deve-se aplicar o nivelamento da produção (*Heijunka*). Segundo Slack et al. (1997, p. 489), *Heijunka* é uma palavra japonesa que significa nivelamento do planejamento da produção, através do qual o *mix* e o volume de produção se tornam constantes ao longo do tempo. Para que a produção enxuta seja efetivamente implantada, é preciso tanto nivelar como também balancear e sincronizar a produção.

Balancear vem em primeiro lugar e tem a ver com o tempo, isto é, com o cálculo do tempo *takt* da produção para atender à demanda e regular as células de produção para que trabalhem todas com o mesmo tempo *takt*. Após o balancear, deve-se nivelar a produção para que se produzam pequenos lotes e se ganhem rapidez e flexibilidade. Por fim, deve-se sincronizar todas as células com a linha de produção final de forma que não se formem grandes estoques intermediários. Nivelar a produção não é uma tarefa fácil e depende diretamente da redução do tamanho dos lotes, portanto, exige tempos de troca de ferramentas baixos.

A técnica usada para isso chama-se *setup* rápido ou troca rápida de ferramentas (TRF). Conforme Black (1999), *setup* é o tempo decorrido desde a produção da última peça boa de um lote até a primeira peça boa do próximo lote. De acordo com Shingo (2000), o conceito de TRF levou 19 anos para ser desenvolvido e ficou evidente que é possível reduzir quase todos os *setups*

para menos de 10 minutos. Esta atividade foi, então, denominada de SMED (*Single Minute Exchange of Die*), o que significa “troca de ferramentas em um tempo inferior a 10 minutos, ou um dígito”.

Segundo Sharma e Moody (2003), a simples aproximação das operações pode gerar apenas “fluxo falso”, pois mantém altos os estoques em processo e os desperdícios. Não basta reagrupar as máquinas em células, é preciso que se reduza também o lote de transferência entre as operações. O fluxo unitário, ou por lote de transferência de uma peça, permite um fluxo real e mais rápido, além de representar um avanço em relação ao sistema de produção por lotes e ser um dos pontos mais desafiadores da produção enxuta. A redução do *lead time* de uma célula é alcançada com o fluxo unitário de peças, independentemente do tamanho do lote de processamento.

Uma forma de sincronizar a produção das células de manufatura se dá através do cálculo e uso do tempo *takt* (*takt time*), que é o tempo máximo necessário para fornecer uma peça. Ele é calculado dividindo-se o tempo disponível para fabricação pela quantidade a ser produzida, conforme a demanda dos clientes. Alguns autores chamam o tempo *takt* de tempo de ciclo, mas isso não está correto. Conforme afirmam Alvarez e Antunes (2001), o tempo de ciclo é o tempo necessário para a execução do trabalho em uma peça, ou seja, é o tempo transcorrido entre o início e o término da produção de duas peças sucessivas de um mesmo modelo. O tempo de ciclo, portanto, deve ser sempre menor do que o tempo *takt* para que a demanda seja atendida.

## **2.3 Células de Manufatura**

### **2.3.1 Definições de Célula de Manufatura**

Segundo Ostwald (1997 apud ZAMPIERI, 2009), a célula de manufatura é uma maneira simples de organizar a produção de uma empresa e possui autonomia quando comparada com a administração clássica de outros processos. Em analogia com Suzaki (1993), onde é dito que: "Se em relação aos processos que cercam um indivíduo, for visto o próximo processo como um cliente e o anterior como um fornecedor, então, cada um pode ser visto como um 'presidente' de sua área de responsabilidade, o qual proporciona produtos e serviços para satisfazer seus clientes." Ainda conceitua esta linha de raciocínio como conceito de miniempresa. Em análise prévia, pareceria que cada unidade da organização operaria independentemente diferente de um time, mas o relacionamento cliente-fornecedor entre as unidades da organização iria proporcionar um mecanismo de autochecagem e autocontrole.

Askin (1993 apud ZAMPIERI, 2009) utiliza o termo célula de manufatura para descrever um princípio da tecnologia de grupo que implica dividir a manufatura em pequenos grupos de duas ou mais máquinas, em que cada grupo é dedicado a um tipo específico de peça. São poucos os casos que o número de máquinas ultrapassa cinco. Wemmerlov (1997, p. 10) descreve célula de manufatura como uma modalidade de operação na qual parte da produção da fábrica é manufaturada na célula. Segundo Martins e Laugeni (1998), o agrupamento de máquinas e equipamentos, seja através de sistema de classificação ou da matriz de processos, visando melhorias nos processos produtivos, leva ao conceito de células de manufaturas.

### 2.3.2 Características das Células de Manufatura

Para Wemmerlov (1997 apud ZAMPIERI, 2009), as características que mais distinguem uma célula de manufatura são que elas contêm maquinário ou processo não-semelhantes (embora muitas unidades dos mesmos equipamentos possam existir devido às necessidades de capacidade ou flexibilidade) caracterizados em uma área separada a ser projetada para manufaturar um conjunto peculiar de peças semelhantes, também chamado de família de peças. Para a compreensão da natureza e complexidade do controle e planejamento da produção celular, é necessário levar em consideração a ampla variedade possível das configurações das células de manufatura.

### 2.3.3 Vantagens das Células de Manufatura

Segundo Martins e Laugeni (1998), as células de manufatura têm as seguintes vantagens sobre os sistemas convencionais:

- a) Aumentam a densidade de máquinas, minimizando o fluxo de produção;
- b) Se as máquinas são agrupadas em forma de U, diminuem a distância percorrida pelos operadores;
- c) A alimentação da célula pode ser feita por gravidade, tanto na entrada como na saída da célula;
- d) Um operador pode atender várias máquinas. Crescendo a demanda, aumenta-se o número de operadores. A capacidade produtiva torna-se flexível;
- e) Facilitam a utilização de dispositivos visuais ou sonoros para notificar ocorrências de problemas na célula;
- f) Melhoram, devido à proximidade, o relacionamento entre os colaboradores, facilitando o Trabalho em Grupo;

- g) Facilitam o retrabalho, pois torna-se mais fácil recolocar peças não conformes no local onde devem ser retrabalhadas;
- h) Não formam corredores para passagem de pessoas ou matérias que ocasionam a desatenção dos operadores;
- i) Facilitam a distribuição de ferramentas de trabalho;
- j) Facilitam a ligação com outras células;
- k) Simplificam a troca de sequência de máquinas entre lotes diferentes;
- l) Como trabalham com famílias de peças, reduzem a variação das tarefas e encurtam o período de treinamento e adaptação;
- m) Tornam o roteiro de produção mais direto, implicando planejamento e controle de produção mais simples;
- n) Como as peças seguem processos similares, os operadores se especializam e ficam treinados nesta família, o que melhora a qualidade;
- o) Com menor variação das operações, há maior facilidade para automação;
- p) Fornecem excelente roteiro para aplicação de redução de custo sem necessidade de grandes investimentos.

#### 2.3.4 Desvantagens das Células de Manufatura

Segundo Martins e Laugeni (1998), as células de manufatura têm as seguintes desvantagens sobre os sistemas convencionais:

Pode ser necessário duplicar investimentos, isto é, ter dois equipamentos quando apenas um seria suficiente, mas eles são necessários em células independentes. Muitas vezes, é necessário ter célula de reserva.

- A utilização das máquinas pode ser menor que no *layout* funcional.
- A flexibilidade da célula na relação ao volume/*mix* pode ser limitada, levando a baixas eficiências de balanceamento.

### 3 TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC)

#### 3.1 Histórico

Segundo Zagonel (2008), na década de 70 Eliyahu Goldratt, um físico israelense, foi convidado por um parente para tentar ajudá-lo na sua empresa fabricante de gaiolas para pássaros que estava se saindo muito mal. Aplicando seus conhecimentos da física, ele analisou a Gestão da Produção da empresa e desenvolveu um sistema que aumentou largamente a produção, sem onerar as despesas operacionais. Continua Zagonel (2008) afirmando que este sistema de programação da produção foi chamado de OPT (Tecnologia da Produção Otimizada), que consistia num sistema com capacidade finita, o qual se tornou sinônimo de Teoria das Restrições ou TOC (CORRÊA; GIANESI, 1996). Tratava-se de um sistema caro e fechado, conhecido como “caixa preta”, que tornava o cliente dependente do fornecedor do serviço. Outro ponto crítico era o desconhecimento total das pessoas sobre os conceitos defendidos pela TOC, o que levou Goldratt a escrever e lançar um livro tratando do assunto.

Assim, com o livro “A Meta”, Goldratt e Cox (1992) conseguiram difundir os conceitos de recursos gargalos, não-gargalos e o processo de raciocínio da Teoria das Restrições. Mais tarde, o processo de raciocínio TOC foi assunto para mais livros de Goldratt, como “Mais que Sorte... Um Processo de Raciocínio”, no qual aborda assuntos mais estratégicos e aplicação da TOC em marketing. Seguindo a linha de trazer conceitos e princípios mostrando sua aplicabilidade prática através de romance, Goldratt lançou o livro “Corrente Crítica”, através do qual demonstra como a TOC pode ser aplicada a projetos.

Na sequência, a TOC foi sendo compreendida e outros livros foram sendo lançados, não somente por Goldratt, além de artigos e cursos de treinamento sobre a TOC aplicada à logística de distribuição e à contabilidade. A partir de 1991, Goldratt começou a concentrar-se em ensinar as pessoas mais detalhadamente sobre o processo de raciocínio da TOC para a solução de problemas, ainda pouco utilizado pelas empresas, por ser pouco conhecido. Hoje o Instituto Avraham Y. Goldratt oferece programas educacionais e de treinamento de curta, média e longa duração a respeito da TOC, afirma Zagonel (2008).

### **3.2 Princípios da Teoria das Restrições**

A TOC parte do princípio de que o objetivo de qualquer empresa é ganhar dinheiro sempre. (Zagonel, 2008). Bertaglia (2003 apud ZAGONEL, 2006) aponta que todo sistema tem pelo menos uma restrição que o impede de obter uma quantidade infinita daquilo que tem como objetivo. No caso de uma empresa com fins lucrativos, isso se traduz em lucros infinitos. Se um

administrador deseja melhorar o desempenho do seu negócio, ele tem somente uma escolha: descobrir suas restrições, gerenciá-las e reduzi-las.

Portanto, uma definição de restrição, também chamada de gargalo, poderia ser qualquer coisa que limita o desempenho de um sistema ou, conforme Goldratt, qualquer coisa que limita um sistema, evitando que o mesmo consiga um maior desempenho em relação à meta e não atinja resultados infinitos. As restrições podem ser físicas, humanas, políticas, culturais ou de mercado (NOREEN; SMITH; MACKEY, 1996). Quando algo, um recurso, não restringe um sistema é chamado de não-restrição ou não-gargalo.

A TOC obedece a nove princípios básicos, utilizados no software OPT, conforme Corrêa e Giansesi (1996):

a) Balanceie o fluxo e não a capacidade – Para isso, é fundamental que se conheçam os gargalos e se balanceie o fluxo e não a capacidade de cada recurso individualmente. O que faz a diferença é um fluxo contínuo e balanceado de materiais (esta meta vai ao encontro da filosofia da produção enxuta). Segundo Moura (1999 apud ZAGONEL, 2006), a TOC tem como lema que “a somatória dos ótimos individuais ou locais não é igual ao ótimo global”. Isso se contrapõe à teoria da mão invisível de Adam Smith de que, se cada um fizer o que é melhor para si, todos sairão ganhando;

b) A utilização de um recurso não-gargalo não é determinada por sua disponibilidade, mas por alguma outra restrição do sistema (um gargalo) – A Figura 3.1 apresenta as diversas relações entre gargalos e não-gargalos;

c) Utilização e ativação de um recurso não são sinônimas – Ativar um recurso não-gargalo para produzir mais do que um recurso gargalo não é utilizar o recurso, pois não contribui para o sistema, somente gera mais estoque, aumentando o tempo de ciclo e os custos;

d) Uma hora ganha num recurso gargalo é uma hora ganha para todo o sistema, logo, uma hora perdida num recurso gargalo é uma hora perdida para todo o sistema – Reduzir o tempo de *setup* de um recurso não-gargalo somente aumenta o tempo de ociosidade deste e não melhora o desempenho do sistema;

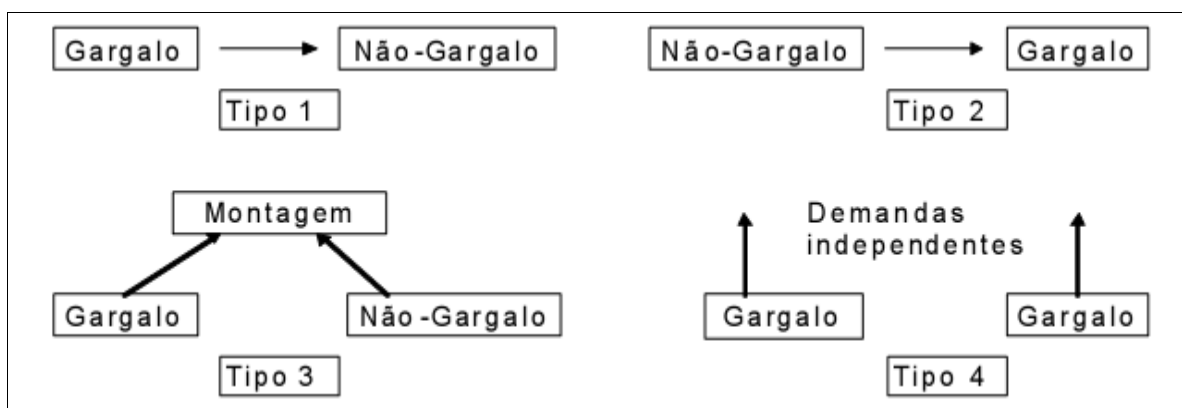


Figura 3.1 – Relação entre Recursos Gargalos e Não-Gargalos

Fonte: adaptado de Corrêa e Giansesi, 1996, p.146.

e) Uma hora ganha num recurso não-gargalo é só uma miragem – Conforme a Figura 3.2., a redução do tempo de *setup* de um recurso não-gargalo somente tem sentido se for para reduzir o tamanho dos lotes de processamento e aumentar a variação do *mix* de produtos de forma que faça chegar material mais depressa no gargalo. Com isso, se evita a sua parada por falta de material. O cálculo do lote econômico perde o sentido tanto para recursos gargalos quanto para não-gargalos. O mais importante é processar no gargalo o máximo que o recurso permite de forma que otimize sua utilização;

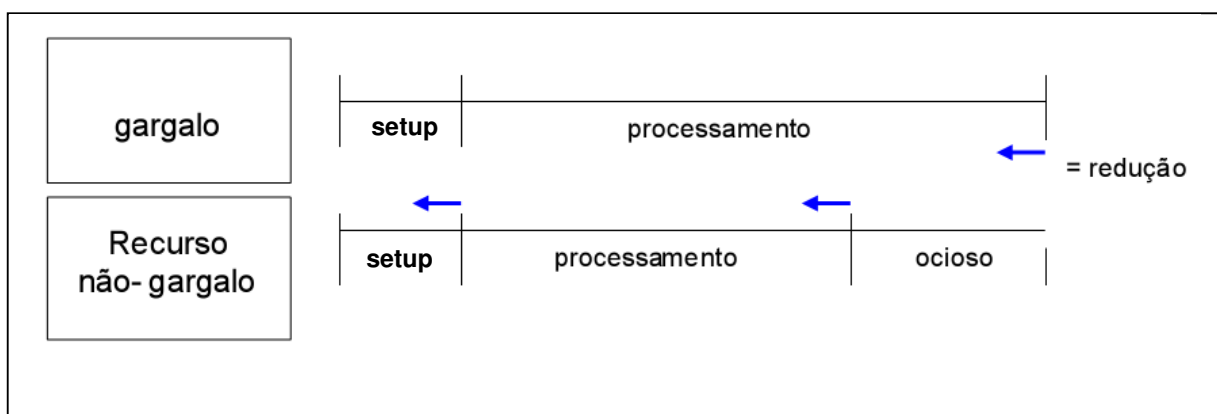


Figura 3.2 – Componentes do Tempo Disponível em um Processo de Produção

Fonte: adaptado de Corrêa e Giansesi, 1996, p.146.

f) Um lote de transferência pode não ser, e frequentemente não é, igual ao lote de processamento – Um lote de processamento é aquele entre dois *setups*. Já o lote de transferência é uma fração do de processamento e deve ser minimizado para melhorar o fluxo de produção e diminuir os estoques em processo (WIP) e os *lead times*. Isso está demonstrado na Figura 3.3;

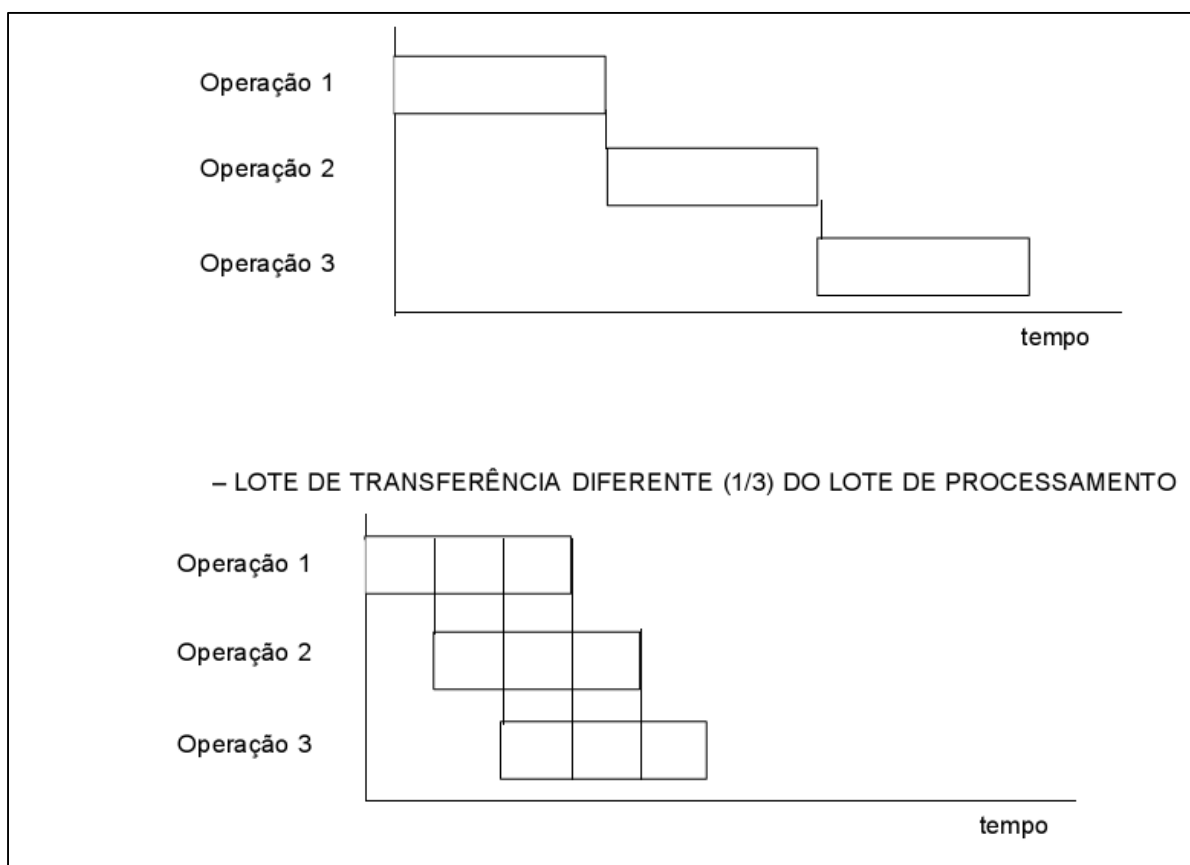


Figura 3.3 – Lotes de Transferência e de Processamento

Fonte: adaptado de Corrêa e Giansesi, 1996, p.150.

g) O lote de processamento deve ser variável e não fixo – Para se definir o lote de processamento, deve-se levar em consideração as características do processo;

h) Os gargalos não só determinam o fluxo do sistema todo, mas também definem seus estoques – As flutuações estatísticas são eventos aleatórios que ocorrem nos processos produtivos influenciando no resultado global. Eventos como incerteza na operação, falta de consistência do operador, quebras de máquinas e/ou ferramentas e problemas de qualidade, ocorridas numa operação, acabam por influenciar as operações posteriores. Quando estes eventos atingem o gargalo, todo o sistema fica prejudicado. Para se evitar isso, deve-se proteger o gargalo com um estoque pulmão de tempo (*time buffer*) em pontos estratégicos do processo produtivo. O mais comum é o estoque pulmão de tempo imediatamente antes do gargalo de forma que absorva as flutuações estatísticas geradas nas operações anteriores. À medida que o efeito destas flutuações diminui, este estoque pulmão pode ser reduzido, por exemplo, pela introdução da manutenção preventiva e produtiva total (MPT) e a redução das paradas de máquina para manutenção corretiva ou troca de ferramentas quebradas;

i) A programação de atividades e a capacidade produtiva devem ser consideradas simultaneamente e não sequencialmente. *Lead times* são o resultado da programação e não podem ser assumidos *a priori* – A programação da produção conforme a TOC e através do software OPT é feita levando-se em consideração as capacidades dos recursos e priorizando a otimização da produção no gargalo. Consequentemente, os *lead times* não podem ser previamente determinados, já que dependem das filas nos estoques pulmão e da forma como a programação é realizada.

### 3.3 O Processo de Melhoria Contínua e o Processo de Raciocínio TOC

Para uma boa gestão de um sistema de produção, a TOC recomenda que sejam seguidos os cinco passos seguintes (NOREEN; SMITH; MACKEY, 1996); (BERTAGLIA, 2003):

a) Identificar as restrições do sistema – Localizar o(s) gargalo(s) através de uma análise ou mapeamento do processo. Muitas vezes, pode acontecer que se descubra que a restrição está fora da empresa, por exemplo, no mercado. Numa análise mais cuidadosa, é possível que se descubra que, na realidade, a verdadeira restrição está em alguma política de marketing da empresa que precisa ser mudada. É relativamente grande a quantidade de restrições que as políticas ou a cultura da empresa criam. É necessário que se esteja preparado para realizar algumas mudanças de paradigmas para quebrar estas restrições. Neste caso, deve-se pular os Passos 2 e 3 e ir direto ao Passo 4;

b) Explorar as restrições do sistema – Procurar alternativas para aumentar a capacidade do gargalo através de ações gerenciais, tais como aumento da mão de obra no gargalo (se possível), revezamento no horário de almoço e intervalos de descanso de forma que o gargalo não pare, redução dos tempos de parada e tempos ociosos no gargalo devido a *setups* e a problemas de qualidade de material e de confiabilidade das máquinas, uso de técnicas da pesquisa operacional para otimizar o gargalo, etc.;

c) Subordinar qualquer outra coisa à decisão acima – Todos os recursos não-gargalos devem ser subordinados ao recurso gargalo de forma que se mantenham mínimos os estoques em processos e os *lead times* e se garanta um fluxo balanceado. Aqui vale o primeiro princípio da TOC “balanceie o fluxo e não a capacidade”;

d) Elevar as restrições – Se as ações para explorar o gargalo já foram tomadas e ainda persiste a restrição para atender o cliente, devem-se tomar novas ações, agora de “quebra do gargalo”. Alguns exemplos são o aumento de mais um turno de trabalho, a liberação de horas

extras, a aquisição de nova máquina, a terceirização de parte do trabalho para outras empresas capacitadas, etc. É importante o estudo do custo-benefício destas ações antes de serem tomadas;

e) Voltar ao Passo 1, não deixe que a inércia seja a maior restrição no sistema – Após a elevação ou “quebra” de um gargalo, o novo gargalo deverá ser rapidamente identificado para que o processo continue. É preciso ficar atento ao fato de que uma restrição não-gargalo possa estar muito próxima de um gargalo e as ações de “quebra” deste fiquem praticamente sem efeito, pois imediatamente esta nova restrição aparece e limita os benefícios. Ao se fazer um mapeamento deste processo no Passo 1, este fato já deve ficar transparente.

#### 4 INDICADORES DE DESEMPENHO

Indicador de Desempenho – ICPs (em inglês: *Key Performance Indicator* - KPIs) é a métrica quantitativa de indicação de eficiência, realização ou performance. São vetores de desempenho mensuráveis utilizados atualmente pelas empresas para aferirem resultado e embasarem tomadas de decisão de curto, médio e longo prazo. Foram introduzidos no Brasil na década de 90, logo após a estabilidade econômica propiciada pelo Plano Real (1994). Até então, ser produtivo não era fator estratégico na maioria das organizações brasileiras, pois a instabilidade econômica gerada por índices de inflação mensal com dois dígitos ofuscava esta prioridade.

Estes ICPs devem refletir as estratégias corporativas oriundas de Planejamentos Estratégicos bem fundados. Devido a um contundente impacto no resultado das empresas nos diversos segmentos, comumente são transformados em Remuneração Variável aos executivos. A abreviatura KPI também significa sistemas informatizados oriundos de BIs (*Business Intelligence*) ou relatórios específicos de inteligência de negócios que monitoram os Indicadores de Desempenho.

Segundo SLACK et al. (2002), a medição de desempenho é o processo de quantificar a ação, no qual medição significa o processo de quantificação, sendo o desempenho definido como o grau em que a produção preenche os cinco objetivos de desempenho (qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custos). Antes de idealizar a abordagem para o melhoramento das operações de produção, os gerentes precisam saber quanto ela já significa, já que a urgência, direção e prioridades de melhoramento serão determinadas em função do atual desempenho. Torna-se, pois, evidente que todas as operações produtivas necessitam de algum sistema de medição de desempenho como pré-requisito para melhoramento.

Os Indicadores de Desempenho existem para ajudar uma empresa a medir o progresso das suas metas. Uma vez que a empresa tenha definido a sua missão, identificado os seus clientes, formatado a sua estratégia, etc., a empresa precisa de uma maneira de medir o progresso dessas iniciativas. Os Indicadores de Desempenho ou Métricas são a maneira de medir o progresso da empresa.

Indicadores de Desempenho são indicadores quantificáveis e variam de empresa para empresa. Por exemplo, uma empresa que busca novos negócios pode ter o indicador “volume de vendas a partir de novos clientes” como uma maneira de medir o seu progresso. Uma escola talvez use o indicador “estudantes aprovados no vestibular” como uma maneira de medir o serviço oferecido por ela.

Todos os departamentos e funcionários de uma empresa devem ter o seu trabalho medido por diferentes Indicadores de Desempenho. A constante evolução tecnológica e social tem permitido a atuação das grandes empresas no nível mundial, juntamente com a nova ordem política e econômica. Este comportamento induz – até de maneira involuntária – os países a abrirem suas fronteiras e gera uma verdadeira guerra pelos mercados consumidores. Como decorrência, para garantir a sobrevivência nesse novo cenário, as empresas estão repensando as formas de administrar seus negócios.

Um dos fatores-chave para garantir a sobrevivência nesse novo ambiente é dispor de sistemas de produção e operação eficientes, que permitam às organizações obterem vantagens competitivas em relação a seus concorrentes. Neste âmbito, o sucesso ou falência de muitas empresas pode ser explicado pela sintonia entre estratégias competitivas, tecnologias de produção e formas de Gestão da Produção (VOSS, 1995).

Uma das formas de saber se o sistema de produção está em sintonia com as estratégias da empresa e atuando como um agente impulsionador da obtenção de vantagens competitivas em relação aos seus concorrentes é através de um adequado sistema de avaliação de desempenho para a função produção. O sistema de medição de desempenho para a função produção compreende o conjunto de indicadores e relatórios que visam avaliar como a produção está indo em relação às metas estabelecidas na estratégia da empresa.

Johnson e Kaplan (1987) apontam que a utilização de indicadores de desempenho não-financeiros é melhor para avaliar o desempenho mensal de uma empresa. Afirmam que a utilização de indicadores financeiros já não refletem o seu recente desempenho. Sustentam que podem ser contestados pelas rápidas mudanças na tecnologia, pelos ciclos de vida reduzidos dos

produtos, pelas inovações na organização das operações de produção e por inclusão de despesas de períodos passados ou aquelas que incluem benefícios que serão concretizados no futuro. Indicadores não-financeiros permitem fixar e prever melhor as metas de rentabilidade de longo prazo da empresa.

Continuam Johnson e Kaplan (1987) que este panorama é justificado pela necessidade de novos atributos de avaliação do desempenho das empresas que reflitam efetivamente a integração e a flexibilidade dos seus recursos. Pode-se concluir que o desempenho é gerenciável na proporção em que é medido. Sem estas medições, os gerentes não conseguem comunicar especificamente quais as expectativas de desempenho e quais os resultados esperados dos subordinados.

#### **4.1 Overall Equipment Effectiveness (O.E.E.)**

O O.E.E. é um conjunto de indicadores utilizados para medir as melhorias implementadas pela metodologia TPM. A utilização do indicador O.E.E., conforme proposto pela metodologia TPM, permite que as empresas analisem as reais condições da utilização de seus ativos. Estas análises das condições ocorrem a partir da identificação das perdas existentes em ambiente fabril, envolvendo índices de disponibilidade de equipamentos, desempenho e qualidade.

A medição da eficácia global dos equipamentos pode ser aplicada de diferentes formas e objetivos. Segundo Jonsson e Lesshammar (1999), o O.E.E. permite indicar áreas onde devem ser desenvolvidas melhorias bem como pode ser utilizado como *benchmark*, permitindo quantificar as melhorias desenvolvidas nos equipamentos, células ou linhas de produção ao longo do tempo. A análise do O.E.E. e *output* de um grupo de máquinas de uma linha de produção ou de uma célula de manufatura permitem identificar o recurso com menor eficiência, possibilitando, desta forma, focalizar esforços nesses recursos. A importância de se aperfeiçoar os equipamentos e atuar nas maiores perdas (obtidas através do O.E.E.) se concretiza quando há aumento de produção, pois a melhoria da eficácia descarta a necessidade de novos investimentos.

Segundo Nakajima (1989), o O.E.E. é uma medida que procura revelar os custos escondidos na empresa. Conforme Ljungberg (1998), antes do advento desse indicador, somente a disponibilidade era considerada na utilização dos equipamentos, o que resultava no superdimensionamento de capacidade. De acordo com Nakajima (1989), o O.E.E. é mensurado a partir da estratificação das seis grandes perdas e calculado através do produto dos Índices de Disponibilidade, Desempenho e Qualidade. Segundo ainda Nakajima (1989), um O.E.E. de 85%

deve ser buscado como meta ideal para os equipamentos. Empresas que obtiveram O.E.E. superior a 85% ganharam o prêmio TPM Award. Para se obter esse valor de O.E.E., é necessário que seus índices sejam de: 90% para disponibilidade; \* 95% para desempenho; e \* 99% para qualidade.

A Figura 4.1. ilustra o indicador O.E.E., bem como seus índices e as perdas relacionadas a cada um.

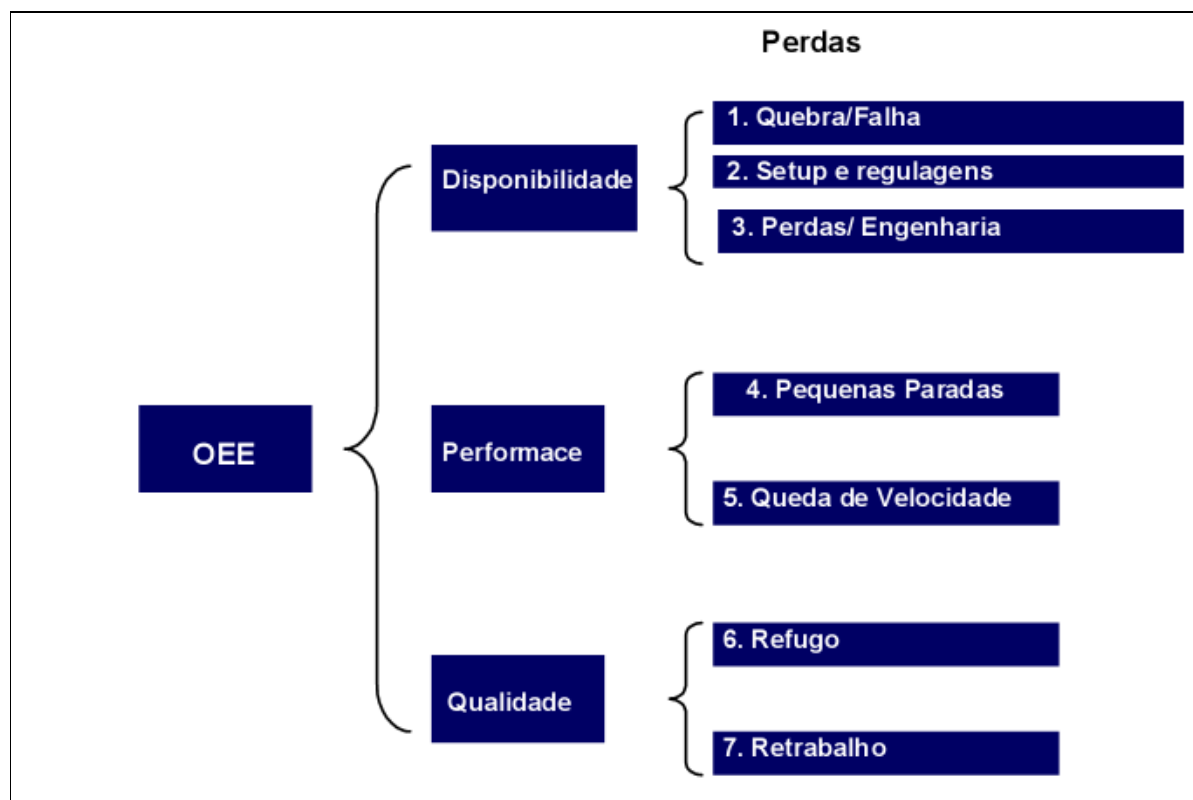


Figura 4.1 – O Indicador O.E.E.  
Fonte: adaptado de Nakajima, 1989.

Segundo Chiaradia (2004), os índices do O.E.E. podem ser calculados através das expressões do Índice de Disponibilidade, Qualidade e de Desempenho (performance) descritos a seguir:

Índice de Disponibilidade responde à questão se a máquina está funcionando. Para isso, são consideradas as seguintes perdas:

- Perdas de gestão (aguardando programação, falta de operador, falta de ferramental, aguardando produto da operação anterior, etc.).
- Perdas por paradas não-programadas (manutenção, *setup*, aguardando laudo, falta de energia elétrica, etc.).

As equações (1), (2) e (3) referem-se ao cálculo da disponibilidade:

$$\text{Tempo de Carga (TC)} = \text{Tempo Teórico Disponível} - \text{Paradas Programadas (Horas)} \quad (1)$$

$$\text{Tempo Real Disponível (TRD)} = \text{Tempo de Carga} - \text{Paradas Não-Programadas (Horas)} \quad (2)$$

$$\text{Disponibilidade(\%)} = \frac{\text{TRD}}{\text{TC}} \times 100 \quad (3)$$

Sendo consideradas como paradas programadas: manutenção preventiva ou programada, almoço, treinamentos, reuniões, etc.

Índice de Desempenho (Performance): o segundo índice responde à seguinte questão:

“A máquina está rodando na velocidade máxima?” Este índice pode ser obtido através da equação (4).

$$\text{Desempenho (\%)} = \frac{\text{Peças Produzidas}}{\text{Tempo Standart} \times \text{Tempo real disponível}} \times 100 \quad (4)$$

Para Nakajima (1989), a diferença entre o desempenho teórico e real deve-se às perdas relacionadas às pequenas paradas e à queda de desempenho da máquina (queda da velocidade para qual a máquina foi projetada).

Índice de Qualidade: o terceiro índice que compõe o O.E.E. responde à seguinte questão: “A máquina está produzindo com as especificações certas?”. Este índice pode ser obtido através da equação (5).

$$\text{Qualidade (\%)} = \frac{\text{Peças Produzidas} - \text{Peças refugadas} - \text{peças retrabalhadas}}{\text{Peças produzidas}} \times 100 \quad (5)$$

Eficácia Global do Equipamento (O.E.E.): o indicador O.E.E., como já foi citado anteriormente, é composto dos três índices anteriores. De acordo com *The Productivity Development Team* (1999), seu objetivo é analisar unicamente a eficácia dos equipamentos e não dos operadores. Sendo assim, ele é utilizado para verificar se a máquina continua trabalhando na velocidade e qualidade especificadas no seu projeto e também para apontar as perdas originadas do sistema produtivo como um todo. Este índice pode ser obtido através da equação (6).

$$O.E.E. (\%) = Disponibilidade \times Desempenho \times Qualidade \quad (6)$$

Por esse motivo, a identificação das perdas (desperdícios) é a atividade mais importante no processo de cálculo do O.E.E. A limitação da empresa em identificar suas perdas impede que se atue no restabelecimento das condições originais dos equipamentos, garantindo alcançar a eficácia global, conforme estabelecido quando o equipamento foi adquirido ou reformado. O O.E.E. é citado por Kenyon, Canel e Neureuther (2005) como um dos fatores-chave da redução de custos, do aumento da produtividade e, conseqüentemente, do lucro líquido. Os autores avaliam o impacto do tamanho dos lotes em fatores que diretamente influenciam o O.E.E., como quantidades produzidas, o estoque em processo, lucro, custos operacionais e *lead time*.

Não há um consenso sobre qual é o índice mínimo ideal de O.E.E. e, na literatura, se encontram valores desde 30% até 85%. O valor mais aceito atualmente é o de 85%, que foi estabelecido por Nakajima (1988 apud DAL; TUGWELL; GREATBANKS, 2000). Ele é composto por 90% de disponibilidade, 95% de eficiência e 99% de qualidade ( $0,90 \times 0,95 \times 0,99 = 0,85$ ). Um estudo de campo realizado por Dal, Tugwell e Greatbanks (2000, p. 1489-1499) numa fábrica de *airbags* para veículos concluiu que, apesar de haver divergências quanto ao cálculo e aplicação do O.E.E. nos vários ramos da indústria, este é um indicador excelente para acompanhar as melhorias nos processos de produção.

## 4.2 Definição de Perdas ou Desperdícios

O desperdício pode ser definido como toda e qualquer operação ou atividade que demanda tempo e não agrega valor ao processo. A Toyota identificou sete tipos de desperdícios, que são perfeitamente aplicáveis à realidade industrial de outras organizações. São eles:

- a) **Superprodução** – A produção maior do que a quantidade demandada pelo próximo nível é a maior das fontes de desperdícios;
- b) **Tempo de Espera** – É o montante de tempo consumido pela espera de materiais que ocorre quando os operadores estão produzindo estoque em processo, que não é necessário naquele momento.;
- c) **Transporte** – A movimentação de materiais dentro da fábrica, assim como a movimentação excessiva do estoque em processo, é uma atividade que não agrega valor;
- d) **Processo** – No próprio processo, pode haver fontes de desperdícios. Algumas operações existem apenas por ocasião de desvios de projetos e de falhas na manutenção, por isso são passíveis de serem eliminadas;
- e) **Estoque** – Dentro da filosofia enxuta, todo estoque torna-se alvo de eliminação. Todavia somente podem-se reduzir os estoques pela eliminação de suas causas. Deve-se remover todo o estoque amortecedor. Além de engessar uma parcela considerável de capital, os estoques retardam a realimentação sobre a qualidade, o que significa mais refugos e mais retrabalho;
- f) **Movimentação** – Por vezes, o operador pode parecer ocupado, mas apenas está se deslocando em função de falhas no processo. Derivam daí os custos relacionados à movimentação inútil na consecução das atividades, ou seja, decorrente da ineficiência da operação propriamente;
- g) **Produtos Defeituosos** – São de produtos fora das especificações. Mendes et al. (2007) frisam que os ruídos na produção discreta, ocasionados por retornos de trabalho não conformes, podem perturbar todo o sistema. A criação de dispositivos que minimizam os impactos das falhas ou das paradas abruptas nas etapas seguintes é denominada *poka-yokes*.

Ao classificar os sete tipos clássicos de perdas e conceituá-los como um trabalho desnecessário (ações que geram custos, porém, não adicionam valor ao produto/serviço), Ohno (1997) afirma que, para reconhecê-los, é necessário, antes de tudo, entender a sua natureza. Define-se também produção enxuta como um enfoque sistemático para a eliminação dos desperdícios em um processo de melhoria contínua em busca da perfeição a partir das necessidades dos clientes.

Hines & Taylor (2000) sugerem que é preciso equipar os operários com “óculos de muda” (muda significa qualquer atividade que consome recursos sem agregar valor aos clientes), tornando-os aptos a enxergar as perdas. A ideia, em seguida, é criar uma cultura que os encoraje a eliminar as perdas, uma vez identificadas. Womack & Jones (2004) vão mais além e enumeram ainda um oitavo tipo de perda, aquela ligada ao projeto de produtos e serviços que não atendam às necessidades dos clientes.

Os autores também propõem uma nova forma de pensar sobre os papéis na empresa, funções e carreiras para canalizar a cadeia de valor. Para que isso ocorra, afirmam que o combate às diversas formas de desperdício também passa pelo conhecimento dos princípios enxutos (especifique o valor, identifique o fluxo de valor, fluxo, puxar e perfeição), os quais, uma vez estabelecidos, é preciso começar novamente a partir do início, numa busca infindável pela perfeição, situação de valor perfeito fornecido ao cliente com desperdício zero.

Shah & Ward (2003) relacionaram a produção enxuta com as práticas pertinentes, por meio da visão de diversos autores. Entre essas práticas, podem-se encontrar a produção nivelada, célula de manufatura, *Kanban*, redução do tempo de ciclo, redução do tamanho dos lotes, benchmarking competitivo, programas de Gestão da Qualidade, entre outras. Cada um desses autores citados por esses pesquisadores fazia referência a algumas dessas práticas.

Liker (2005) ressalta a possibilidade de utilizar uma variedade dessas ferramentas do Sistema Toyota de Produção e ainda assim estar seguindo apenas alguns princípios do Modelo Toyota, tendo como resultado “saltos” de curto prazo nas medidas de desempenho, que não serão sustentáveis. Por outro lado, uma organização que pratica com excelência todos estes princípios estará a caminho de uma vantagem competitiva sustentável.

### 4.3 Definição de Produtividade

Segundo Martins e Laugení (1998), a conceituação de produtividade tem uma ampla abrangência. Uma delas, a mais tradicional, é que se considera a produtividade como a relação entre valor do produto ou serviço produzido e o custo do insumo para produzi-lo. Assim, a produtividade depende essencialmente da saída, ou seja, o numerador da fração, e a entrada, o denominador (7).

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Saída}}{\text{Entrada}} \quad (7)$$

O estudo e a avaliação da produtividade vêm recebendo crescente atenção dos empresários, que concordam em afirmar que aí está o único caminho para a sobrevivência a curto e longo prazo.

Segundo Martins e Laugeni (1998), os fatores determinantes da produtividade são:

- a) Relação Capital x Trabalho;
- b) Escassez de Recursos;
- c) Mão de Obra;
- d) Inovação e Tecnologia;
- e) Restrições Legais;
- f) Fatores Gerenciais;
- g) Qualidade de Vida.

Em 1950, a Comunidade Econômica Europeia apresentou uma definição formal de produtividade como sendo “o quociente obtido pela divisão do produzido (*output*) por um dos fatores de produção”. Desta forma, pode-se falar da produtividade do capital, das matérias-primas, da mão de obra, etc.

Dependendo de quem a esteja definindo, seja um economista, contador, gerente, político, líder sindical, engenheiro de produção, etc., pode-se ter diferentes definições para a palavra produtividade. Martins e Laugeni (1998) sugerem uma análise cuidadosa que nos leva a duas definições básicas:

- **Produtividade Parcial** – É a relação entre o produzido, medido de alguma forma, e o consumido de um dos insumos utilizados. A produtividade de mão de obra é uma produtividade parcial.
- **Produtividade Total** – É a relação entre a saída total e a soma de todos os fatores de entrada.

Avaliar a produtividade da empresa e compará-la à de outras empresas tornou-se uma ação corriqueira entre gerentes preocupados com o futuro. A qualquer momento, uma empresa envolvida em um programa de melhoria de produtividade irá entrar em um dos quatro estágios: medida, avaliação, planejamento e melhoria. Estas fases, como se vê na Figura 4.2., caracterizam o ciclo da produtividade.

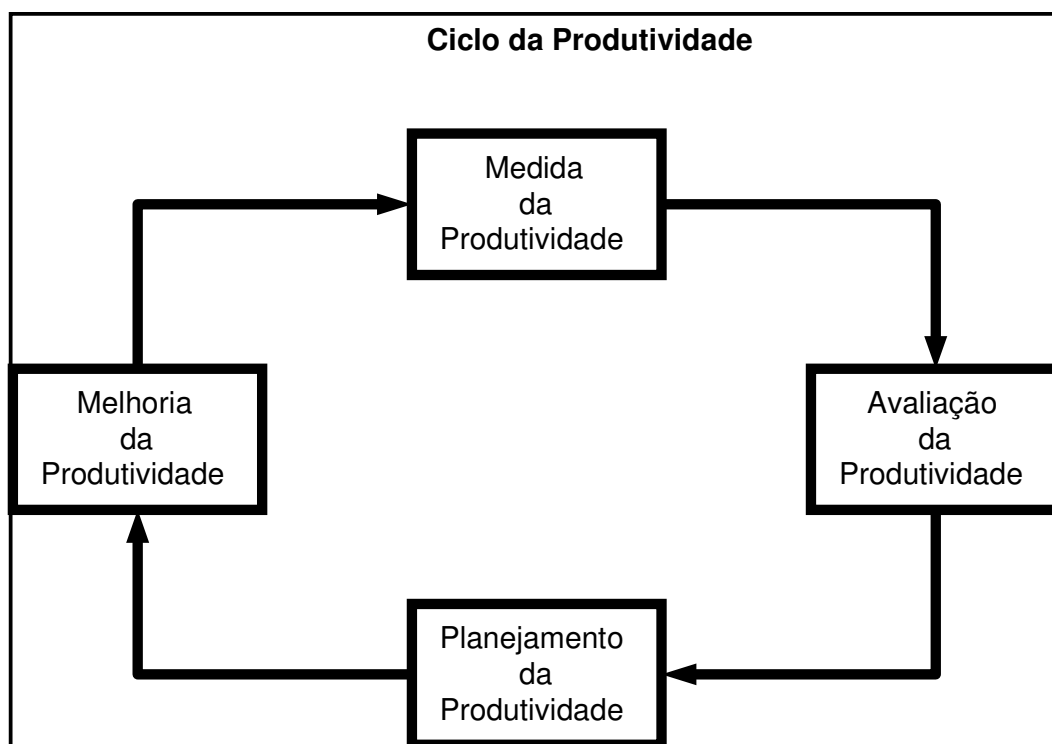


Figura 4.2 – Conceito de Produtividade  
 Fonte: autor “adaptado de” Martins e Laugeni, 1998.

Neste trabalho, baseado na definição de Martins e Laugeni (1998), o conceito de produtividade será considerado pela relação entre as horas projetadas no dia (24 horas), subtraindo, deste tempo, as paradas programadas, e a avaliação do desempenho enquanto efetivamente realiza a operação.

Os indicadores de desempenho adotados para este estudo se baseiam em parâmetros de produtividade de células de manufatura dentro do conceito de produção enxuta, conforme a pesquisa bibliográfica:

Qt. = quantidade de peças fabricadas por dia na célula, considerando-se 1.074 minutos de tempo disponível.

Meta: produzir o maior número de peças.

## **5 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO**

### **5.1 Introdução**

A produção de veículos no Brasil começou no final dos anos 50, com a implantação das fábricas da Volkswagen, Toyota, Ford (automóveis e comerciais leves), Mercedes-Benz, Scania (caminhões e ônibus) – todas em São Bernardo do Campo –, General Motors (automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus) – em São Caetano do Sul – e Ford (caminhões) – na cidade de São Paulo. Em que pese o alto grau de verticalização dos fabricantes de veículos, característico daquela época, foi sendo criado um imenso parque metal-mecânico de autopeças naqueles municípios, que viria a abranger, ainda, os municípios de Santo André e Diadema, entre outros. (SANTOS; PINHÃO, 1999)

### **5.2 A Empresa Estudada**

A empresa escolhida para realização deste trabalho foi uma montadora situada na cidade de São Bernardo do Campo na Grande São Paulo. Atuando no setor automobilístico, está presente em vários países da Europa, América do Norte, América Latina, África, Ásia e Oceania, empregando 273.216 funcionários no mundo (dados de 2008). Esta empresa tem a sede em Stuttgart, Alemanha.

No Brasil, possui três unidades que contam com um total de 14.073 funcionários (dados de 2008). A unidade situada em São Bernardo do Campo emprega 11.986 funcionários (dados de 2008) e possui um amplo parque fabril onde é possível encontrar atividades manufatureiras, como montagens e usinagens de produtos, atividades relacionadas com o desenvolvimento de novos produtos e áreas de suporte técnico para toda a empresa, que oferecem serviços de informática e de manutenção da sua infraestrutura.

A história da empresa teve início há mais de um século, na Alemanha, e traduz o primeiro capítulo da motorização veicular no mundo. Os protagonistas, cujos nomes não citaremos, construíram os primeiros automóveis motorizados do mundo. O pioneirismo destes homens fez com que colecionassem outras conquistas, como a construção do primeiro ônibus, do primeiro caminhão com motor a gasolina e do primeiro caminhão a diesel. O trabalho iniciado por eles na Alemanha gerou a formação em 1926 da primeira empresa do grupo.

Em 1889, nasce a filha de um cliente fiel da empresa, cujo nome passa a figurar em um

automóvel de 4 cilindros encomendado por esse cliente, lançado em 1900, dando início à marca. Com a fusão das empresas em 1926, uniram-se também as duas marcas: a estrela de três pontas, que identificava os produtos desta empresa. Sua história no Brasil iniciou-se na década de 40, chegando até os dias de hoje. Antes da inauguração da fábrica, a presença da marca no País não era tão expressiva.

Apesar de alguns veículos da empresa terem sido importados nos anos anteriores, a implantação da marca no País foi iniciada de forma consistente por Alfred Jurzykowski, o comerciante de origem polonesa que abriu no Rio de Janeiro a Distribuidores Unidos do Brasil S.A., empresa destinada a exportar produtos brasileiros para a Europa em troca de bens industrializados daquele continente. Dessa forma, chegavam ao País chassis de caminhões e de ônibus, além de automóveis. Com o tempo, a empresa passou a montar os veículos importados, numa oficina capaz de entregar até 10 caminhões por dia. Foi o crescimento do negócio que deu origem à empresa brasileira fundada em 1953.

Ao contrário da maior parte da frota da época, os veículos da marca contavam com motores diesel – em 1950, menos de 2% dos caminhões que circulavam no Brasil eram movidos por esse combustível. Para atrair o interesse dos clientes, habituados aos veículos a gasolina, a empresa mostrou, por meio da autonomia de seus produtos e do preço inferior do litro do diesel, que esse combustível oferecia maior economia. Algumas viagens, acompanhadas por jornalistas, técnicos e militares, foram organizadas para comprovar o fato. Ao final da experiência, a média de consumo de um caminhão de cinco toneladas foi de quase 6 quilômetros por litro, resultado muito favorável quando comparado ao que era proporcionado pelos motores a gasolina da época.

Com a fabricação do primeiro motor a diesel totalmente nacional, em 1956, a marca introduziu e sedimentou a utilização do diesel como combustível mais eficiente e rentável para o transporte de cargas e de passageiros. Em 1998, a empresa lançou os primeiros motores diesel com gerenciamento eletrônico produzidos no Brasil, disponíveis hoje para toda a linha de veículos comerciais. Além disso, projetou motores eletrônicos adequados para as características do mercado brasileiro, que garantem menor consumo e maior compatibilidade ambiental.

A unidade brasileira é hoje centro mundial de competência do grupo para desenvolvimento e produção de chassis de ônibus, tendo atuado também como responsável mundial pelo desenvolvimento do projeto dos caminhões leves. Em sua fábrica de São Bernardo do Campo, a empresa conta com um Centro de Desenvolvimento Tecnológico (CDT). Criado em 1991, é pioneiro no Brasil na área de veículos comerciais e o maior da América Latina. Além disso, é o maior da marca da Alemanha.

A atuação do CDT garante contínuos esforços na qualidade dos produtos desta empresa, agregando aspectos, como eletrônica, novos combustíveis, novas tecnologias ecológicas, técnicas de reciclagem e pesquisa de novos materiais, especialmente os renováveis. Além de uma equipe de profissionais especializados, formada por engenheiros técnicos, físicos e pessoal de apoio, o CDT conta com uma infraestrutura completa, com destaque para bancos de provas de motores, bancos de provas para ensaios de fadiga, laboratórios para testes de freios e outros componentes veiculares e laboratórios de acústica, vibrações, medições experimentais, termodinâmica, eletrônica e informática.

O CDT desenvolve também soluções para projetos futuros e melhorias para produtos de série, levando sempre em consideração as condições brasileiras de utilização dos veículos. O relacionamento entre as unidades do CDT e as demais áreas da fábrica segue o princípio da engenharia simultânea, com times de trabalho multifuncionais que garantem comunicação e eficiência. Além do intercâmbio com outras unidades do grupo, a empresa brasileira também promove troca de informações e experiências com outros parceiros, como, por exemplo, fornecedores, clientes, institutos de pesquisas e encarregadores. Antes de chegar ao mercado e atender às diversas demandas de transporte de carga e de passageiros, os caminhões e chassis de ônibus desta marca passam por testes de funcionalidade, resistência e durabilidade. Isso inclui diversos ensaios em laboratórios e testes de campo com veículos lastreados.

A montadora brasileira contribui para o crescimento da cidade de São Bernardo do Campo, onde está sediada. A região começou a atrair outras empresas automobilísticas e seus fornecedores, e a cidade, que, em 1950, tinha menos de 30 mil habitantes, em 1960 já atingia cerca de 82 mil. Hoje, são mais de 720 mil. Nesse ritmo, a empresa também se expandiu. Uma nova fábrica foi criada em 1979, no interior do Estado de São Paulo, para produzir ônibus. No final de 2000, a fabricação de chassis e plataformas para ônibus voltou para São Bernardo e, atualmente, as instalações reúnem as atividades de assistência técnica, pós-venda, comercialização de peças, treinamento e desenvolvimento da rede de concessionários.

Em 1999, foi inaugurada a fábrica de automóveis no interior de Minas Gerais, que produziu inicialmente o veículo de passeio então recém-lançado na Europa. Hoje, as instalações estão sendo modificadas para produzir caminhões também. Mas a história desta empresa teve momentos de dificuldades também. Bastian (2010) descreve os períodos de transformação que ocorreram, conforme a seguir.

Segundo Bastian (2010), nos anos de 1991 e 1992 foi criado o projeto Fábrica 2000 e vários *Benchmarks* foram realizados em outras empresas, como: Marcopolo (Marcopolo

Production System), Knorr (Trabalho em Grupo), Hering (Gestão Participativa), Opel (Trabalho em Grupo) e Porsche (*Kaizen*).

O slogan “Mudar ou Fechar” foi adotado como elemento motivador para todos os gestores envolvidos naquele momento em que se encontrava a empresa e várias são as razões que propulsionaram a empresa a adotar a filosofia *Lean Manufacturing*. A produtividade da época, em 1993, por exemplo, tinha uma relação de aproximadamente 8.500 funcionários horistas para uma produção anual de 34.100 veículos, portanto, 0,25 funcionários/veículo. Isso contra uma relação de 0,12 funcionários/veículo, alcançada em 2008, com 8.000 funcionários para uma produção anual de 65.000 veículos.

Nos anos de 1992 a 1994, deu-se início ao aprendizado sobre Gestão Participativa, organização focada e Trabalho em Grupo, base para a gestão enxuta, e para que isso fosse possível foi tomada a decisão na fábrica de se criar os segmentos produtivos autônomos. A fábrica estava dividida em áreas funcionais, como: produção, planejamento, logística, manutenção, etc., dependentes umas das outras. A nova formatação alterou a estrutura organizacional e funcional em segmentos autônomos, ou seja: a produção de eixos passou a ter sua própria logística, sua própria manutenção, sua própria Gestão de Qualidade e seu próprio planejamento; a produção de motores também e, assim sucessivamente, com cabinas, chassis de caminhões, ônibus e câmbios. Isso fez com que cada área fosse responsável pelos seus investimentos, seu budget, sua produtividade, sua segurança, sua qualidade, etc., criando o perfil do empresário nos executivos de cada segmento produtivo na empresa.

Consequentemente, o perfil empresarial traria a Gestão Participativa dentro da empresa como um todo, objetivando alcançar o resultado final proposto pela alta direção e pelos *share holders* da empresa, tanto financeiro como de *market share* e de imagem. Neste período, iniciaram-se as primeiras atividades relacionadas a *Kaizen* (os primeiros 4 *kaizens* foram realizados na empresa), além do início do Trabalho em Grupo semiautônomo, através do Trabalho em Grupo. Ainda como fase de desenvolvimento e aprendizado, foram realizadas duas visitas: uma à Toyota e outra à Hitachi, ambas no Japão, nesta última com a participação dos visitantes em um *Kaizen* na fábrica.

Nos anos de 1994 a 2000, caracterizados pelo início das ações que significariam arrancada para um novo processo produtivo, *lean*, mais enxuto, baseado na filosofia do TPS – *Toyota Production System*, começaram as introduções efetivas dos princípios do TPS, como *Kaizen*, 5S, TPM, células de manufatura, autocontrole, Gestão à Vista (GQT) e *work outs* (o primeiro realizado em conjunto na General Electric, ainda como aprendizado). Em função das grandes

mudanças que estavam ocorrendo, inclusive na Gestão de Pessoas e nas responsabilidades que os funcionários de chão de fábrica estavam recebendo, o papel do Sindicato dos Metalúrgicos do ABC, representado na empresa por sua comissão de fábrica, foi fundamental. Este foi o período de conquista de grandes resultados e grandes mudanças na Gestão de Pessoas, de Processos e de uma nova maneira de pensar e agir diante dos problemas da época.

Nos anos de 2000 a 2004, percebeu-se a necessidade de uma reorganização e de uma reorientação dos gestores das unidades independentes, criadas no período de 1992 a 1994. Parte da filosofia estava se perdendo, havia sido criado, a partir de meados de 1999, um manual orientativo de adequação do TPS – Sistema de Produção Toyota às necessidades e características da empresa e, portanto, havia necessidade de se revisar conceitos. Além disso, a empresa aprendeu que a filosofia *Lean Manufacturing* não tem fim, deve estar sempre evidenciada e em contínua melhoria, reacendendo valores, relembrando conceitos, aprimorando ferramentas e exercitando a gestão.

Foi, então, realizado um longo trabalho de *Management Team Building* em todo o corpo diretivo da área técnica da empresa, desde o desenvolvimento de produtos até a produção. Durante aproximadamente dois anos, o resultado foi a melhoria na eficiência individual, principalmente da equipe. As principais consequências da aplicação deste *coaching* foram a preparação dos executivos e de suas equipes para a retomada do plano de introdução da filosofia Toyota na empresa e uma maior disciplina na Gestão Participativa com controles mais rígidos sobre a atuação dos gestores através de prestação de contas de seus resultados.

Nos anos de 2004 a 2009, foi retomada a ênfase nos *Kaizens* e criaram-se as auditorias de sistema em todas as fábricas do grupo em todo o mundo. Quando, então, a empresa brasileira passou a ser referência mundial, ganhando por duas vezes consecutivas, nos anos de 2004 e 2006, o prêmio bianual de melhor fábrica em termos de aplicação dos conceitos *lean*, afirma Bastian (2010).

### 5.3 O Trabalho em Grupo na Empresa Estudada

Conforme descrito anteriormente, a empresa estudada inicia, em sua fábrica de São Bernardo do Campo, o “Projeto Fábrica 2000”. O objetivo deste projeto é torná-la uma empresa competitiva diante das mudanças ocorridas na economia mundial, ágil, inovadora e lucrativa. Para alcançar essa meta, foram tomadas várias medidas, entre as quais, podemos destacar: a segmentação da fábrica, a mudança do padrão de produção e a aplicação da Gestão Participativa.

A segmentação dividiu a empresa em quatro “fábricas” (Motores, Eixos, Cabinas e Montagem de Veículos), diminuindo níveis hierárquicos e facilitando a integração entre os serviços de apoio à produção (programação, manutenção e planejamento) e a área produtiva. Após a segmentação, esses serviços ficaram ligados diretamente à estrutura dos segmentos produtivos.

A mudança do padrão de produção implantou a “produção enxuta”. Antes, o objetivo era produzir o máximo possível e com o novo padrão. Agora, a regra é produzir somente o necessário, agilizando os processos produtivos e evitando, assim, estoques intermediários.

A Gestão Participativa veio para dinamizar o relacionamento das pessoas de diferentes níveis hierárquicos, gerando o comprometimento de todos os funcionários para alcançar as metas estabelecidas pela direção da empresa. O Trabalho em Grupo, que está inserido no processo da Gestão Participativa, tem o objetivo de proporcionar aos funcionários do nível operacional participar ativamente dessas mudanças e garantir que elas tenham continuidade. Isso torna a empresa competitiva para enfrentar as rápidas mudanças que acontecem no mercado de veículos de carga.

O Trabalho em Grupo na empresa estudada teve sua implantação na fábrica de São Bernardo do Campo em dezembro de 1995, quando os primeiros Grupos de Trabalho semiautônomos foram oficializados com a eleição dos porta-vozes. Inicialmente, foram formados seis grupos piloto, distribuídos da seguinte forma: dois grupos na área de usinagem de motores, dois na montagem de cabinas e dois na área de fabricação cabinas brutas.

O que a empresa visa com o Trabalho em Grupo é a mudança do perfil do trabalhador, passando-o de atividades definidas e especializadas (torneiro, fresador, funileiro, etc.) para trabalhar em função de um processo ou conjunto de tarefas. Entende-se como “conjunto de tarefas” a realização de atividades por um grupo de funcionários, visando à execução de determinada parcela da produção ou serviços, associada à obtenção de significativas melhorias de produtividade, qualidade dos produtos e da qualidade de vida do trabalhador. É o trabalho de um grupo de funcionários na realização de um conjunto de tarefas, possuidor de um definido grau de autonomia quanto à execução dessas tarefas, em um determinado sistema de trabalho com o objetivo de alcançar uma meta única previamente acordada.

A característica principal do Trabalho em Grupo na empresa é permitir que os trabalhadores operativos passem a participar ativamente dos objetivos e metas de sua área e da empresa. Sair de uma atitude, até então, passiva, onde as atividades eram orientadas e não havia participação desses funcionários nos processos decisórios sobre o seu trabalho para uma situação

onde a participação dos funcionários é fundamental para a empresa. Foi dada autonomia para que muitas decisões referentes a seu dia a dia no trabalho fossem decididas pelos próprios grupos envolvidos no processo.

Para mostrar com mais detalhes como essa nova forma de organizar o trabalho foi implantada na empresa, deve-se voltar um pouco no tempo, mais precisamente em 1991, quando começaram as primeiras discussões, pela direção da empresa, dos conceitos que regeriam a implantação do Trabalho em Grupo. Após essas discussões e a decisão favorável da diretoria da empresa de que essa nova filosofia de trabalho seria implementada, o passo seguinte foi informar o Sindicato dos Metalúrgicos do ABC e a Representação Interna de Empregados da intenção da empresa em implementar o Trabalho em Grupo.

Para que o Sindicato conhecesse essa nova proposta de relacionamento entre capital e trabalho, foram programadas duas viagens à Alemanha, realizadas em novembro de 1993 e janeiro de 1994, com representantes da empresa e do Sindicato, que tiveram o objetivo de mostrar aos sindicalistas como era o Trabalho em Grupo nas fábricas da Alemanha, pertencentes ao grupo, que já tinham em suas linhas de produção o Trabalho em Grupo implantado. Nessas visitas, os sindicalistas de São Bernardo conheceram detalhadamente como funcionava o Trabalho em Grupo nas fábricas alemãs, conversando com operários participantes dos grupos e discutindo o tema com seus colegas sindicalistas alemães. Também participaram dessas visitas representantes do Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (DIEESE), que assessorou o Sindicato dos Metalúrgicos do ABC nessa fase inicial de negociações.

Logo após, iniciou-se a negociação do acordo com o Sindicato para a fábrica de São Bernardo do Campo, onde foram estabelecidas as normas da implantação e funcionamento dos grupos semiautônomos. Durante aproximadamente dois anos esse acordo foi discutido e finalmente assinado pela diretoria da empresa e do Sindicato em 17 de março de 1995. Com o acordo assinado, a empresa elaborou a estratégia de implantação. Ficou estabelecido que haveria várias etapas a serem cumpridas até a efetivação dos Grupos de Trabalho nas linhas de produção.

Primeiramente, foi realizado o *Kick-off* executivo, com gerentes e supervisores, para apresentação dos objetivos e conceitos da implantação do Trabalho em Grupo na fábrica de São Bernardo. Após essas informações preliminares ao corpo gerencial, iniciou-se o treinamento de supervisores e mestres nas técnicas de Gestão Participativa. Esse treinamento objetivou conscientizar esses níveis hierárquicos sobre a nova forma de organizar o trabalho, levando em conta a necessidade da mudança dos paradigmas até então vigentes. Também foram realizados vários *workshops* para o corpo gerencial, informando sobre a nova postura necessária para o

sucesso do Trabalho em Grupo.

A implantação efetiva dos Grupos de Trabalho ocorreu em quatro fases, conforme descrito a seguir.

**Fase 1:** definição da área em que o Trabalho em Grupo será implantado, com a observância dos seguintes aspectos:

- a) A ideal aplicação dos conceitos do Trabalho em Grupo, onde ficará caracterizado que o grupo será responsável pela execução de um processo inteiro. O conjunto de tarefas que os funcionários executarão deverá estar claramente definido;
- b) O conjunto de tarefas que o grupo executará não deverá sofrer grandes variações a curto prazo nem seu local de fabricação mudanças significativas de layout;
- c) Os produtos envolvidos não sofrerão processo de terceirização;
- d) Que a área contemplada com a implantação do Trabalho em Grupo já tenha passado por melhorias, segundo a filosofia *Kaizen*.

**Fase 2:** treinamento para os funcionários que participarão dos Grupos de Trabalho com o objetivo de instrumentalizar os colaboradores com conceitos e técnicas dessa nova forma de organização do trabalho, visando comprometê-lo para o sucesso do projeto. Esse treinamento tem duração de 28 horas, divididos em sete módulos, conforme detalhamento a seguir:

- a) Histórico da empresa e motivações para implantação do Trabalho em Grupo;
- b) Administração dos conflitos em grupo;
- c) TPM (Manutenção Produtiva Total);
- d) Administração de pessoal;
- e) Qualidade;
- f) Produtividade e flexibilidade;
- g) Energização de grupos.

**Fase 3:** efetivação do grupo em seu local de trabalho. Esta etapa é realizada com:

- a) Eleição do porta-voz do grupo, através de voto secreto;

- b) Início das reuniões semanais do grupo coordenadas pelo porta-voz.

**Fase 4:** manutenção dos grupos dentro dos objetivos propostos por essa filosofia de trabalho:

Esta fase apresentou uma dificuldade maior. A mudança de comportamento dos funcionários que saíram de um relacionamento tradicional com seus colegas e principalmente mestres, passando para atitudes participativas, exige um alto grau de compreensão e bom senso. Uma tendência nesse início do processo no comportamento dos grupos é “esquecer” o trabalho em equipe e voltar a praticar a forma antiga de trabalho. Para conseguirmos manter os grupos atuando em equipe, utilizaram-se os seguintes recursos:

- a) Reuniões semanais dos grupos, durante 15 minutos, para a troca de informações dos participantes, criando o hábito de relacionar as solicitações e sugestões apresentadas, gerando um ambiente participativo. Essas reuniões são coordenadas pelo porta-voz;
- b) Reuniões mensais do Grupo de Monitoramento para dar suporte aos porta-vozes e mestres nas soluções dos problemas levantados nas reuniões semanais. Esse grupo é formado pelo gerente do departamento, supervisores, mestres, porta-vozes, representante dos empregados, analista de pessoal e coordenação do Trabalho em Grupo;
- c) Elaboração de atas das Reuniões de Monitoramento com o objetivo de acompanhar as solicitações e sugestões dadas pelos porta-vozes com prazos e responsáveis;
- d) Distribuir aos grupos, através dos porta-vozes, atividades e metas de interesse do departamento e da empresa;
- e) Aplicar indicadores de produtividade e instrumentos de avaliação nos Grupos de Trabalho.

Atualmente, as quatro situações descritas acima estão sendo desenvolvidas simultaneamente na empresa. A ênfase maior, hoje, é dada à Fase 4 devido à grande quantidade de grupos instalados.

### 5.3.1 Indicadores de Desempenho do Trabalho em Grupo na Empresa Estudada

Um dos indicadores mais relevantes que se pode observar com referência ao bom andamento dos Grupos de Trabalho é a realização das reuniões semanais realizadas pelo grupo. Essas reuniões tem vários objetivos, entre os quais pode-se citar:

- a) Dar “sentido de corpo” ao grupo;
- b) Levantar as dificuldades de relacionamento vivenciadas pelo grupo;
- c) Levantar e implantar as sugestões de melhoria nas condições de trabalho e do processo de execução de suas tarefas;
- d) Dar oportunidade de os funcionários operativos opinarem sobre seu dia a dia de trabalho.

Todas as sugestões, reclamações e opiniões levantadas nas reuniões semanais são levadas aos mestres para conhecimento e soluções. Assuntos que ficam pendentes devido a sua complexidade são encaminhados para as reuniões mensais de monitoramento.

Essas reuniões são de vital importância para o Trabalho em Grupo. Através delas é criado um canal de comunicação direto entre os funcionários operacionais, representados pelos porta-vozes, e o corpo gerencial do departamento. Observa-se, nessas reuniões, que as sugestões apresentadas pelos porta-vozes de grupos ainda jovens são, em sua maioria, de ordem de relacionamento interpessoal e solicitações ligadas a aspectos salariais. Com o amadurecimento dos grupos, a maioria das solicitações e sugestões passa a ser relacionada diretamente com melhorias de processo, condições de segurança no trabalho, aspectos de qualidade, entre outros.

Eis aí o grande objetivo da empresa: dar oportunidade para que os funcionários operativos passem a participar dos processos ligados diretamente a produtividade e qualidade, gerando, para nossos produtos, maior e melhor competitividade no mercado de veículos de carga.

O Quadro 5.1 mostra (dados desatualizados) apenas, como exemplo, um levantamento da quantidade de solicitações e sugestões dadas e implantadas coletadas em Reuniões de Monitoramento realizadas no ano de 1998. Denomina-se essa sistemática como “Processo de Melhoria Contínua”.

Quadro 5.1 – Solicitações Dadas x Solicitações Atendidas

| Classificação das Sugestões / Solicitações | Melhoria das Condições de Trabalho |    | Melhoria do Processo |    | Segurança (Riscos de Acidentes) |    | Melhoria da Qualidade |    | Manutenção para Máquinas e Equipamentos |                 | Solicitações de Treinamento |    | Relaciona-mento das Pessoas do Grupo |    | Equiparação Salarial |    | Total de Sugestões / Solicitações Dadas e Implantadas |     | Reuniões de Monitora-mento Realizadas |
|--------------------------------------------|------------------------------------|----|----------------------|----|---------------------------------|----|-----------------------|----|-----------------------------------------|-----------------|-----------------------------|----|--------------------------------------|----|----------------------|----|-------------------------------------------------------|-----|---------------------------------------|
| Deppto.                                    | SD                                 | SI | SD                   | SI | SD                              | SI | SD                    | SI | SD                                      | SI              | SD                          | SI | SD                                   | SI | SD                   | SI | SD                                                    | SI  |                                       |
| A                                          | 9                                  | 6  | 12                   | 8  | 3                               | 3  | 3                     | 2  | 6                                       | 4               | 2                           | 1  | 5                                    | 5  | 2                    | 1  | 42                                                    | 30  | 7                                     |
| B                                          | 21                                 | 15 | 15                   | 11 | 3                               | 1  | 3                     | 1  | 3                                       | 2               | 1                           | 1  | 12                                   | 9  | 2                    | 1  | 60                                                    | 41  | 7                                     |
| C                                          | 16                                 | 13 | 15                   | 10 | 5                               | 4  | 10                    | 8  | 5                                       | 3               | 3                           | 1  | 16                                   | 11 | 2                    | 1  | 72                                                    | 51  | 5                                     |
| D                                          | 19                                 | 10 | 12                   | 6  | 2                               | 1  | 4                     | 4  | 4                                       | 2               |                             |    | 3                                    | 1  |                      |    | 44                                                    | 24  | 7                                     |
| E                                          | 1                                  | 1  | 10                   | 6  | 5                               | 4  | 1                     | 1  |                                         |                 | 2                           | 1  | 3                                    | 2  | 2                    | 1  | 24                                                    | 16  | 6                                     |
| F                                          | 2                                  | 2  | 4                    | 3  |                                 |    | 1                     | 1  |                                         |                 | 1                           | 1  |                                      |    | 1                    | 1  | 9                                                     | 8   | 3                                     |
| G                                          | 13                                 | 9  | 12                   | 5  | 5                               | 3  | 3                     | 1  | 6                                       | 5               | 2                           | 2  | 4                                    | 3  | 2                    | 2  | 47                                                    | 30  | 2                                     |
| H                                          | 18                                 | 10 | 23                   | 12 | 7                               | 4  | 5                     | 2  | 15                                      | 7               | 5                           | 3  | 5                                    | 3  | 1                    | 1  | 79                                                    | 42  | 6                                     |
| Total                                      | 99                                 | 66 | 103                  | 61 | 30                              | 20 | 30                    | 23 | 39                                      | 23              | 16                          | 10 | 48                                   | 34 | 12                   | 8  | 377                                                   | 242 | 43                                    |
| %                                          | 67%                                |    | 59%                  |    | 67%                             |    | 67%                   |    | 59%                                     |                 | 63%                         |    | 71%                                  |    | 67%                  |    | 63%                                                   |     |                                       |
| SD: Sugestões / Solicitações Dadas         |                                    |    |                      |    |                                 |    |                       |    |                                         | SI: Implantadas |                             |    |                                      |    |                      |    |                                                       |     |                                       |

Fonte: “adaptado de” relatório da empresa estudada.

Outra iniciativa da empresa é verificar o nível de satisfação dos funcionários que trabalham em grupo. Para tanto, periodicamente são realizadas pesquisas individuais com o objetivo de mensurar essa satisfação. É aplicado um questionário composto de 12 perguntas relacionadas diretamente com seu dia a dia no trabalho. As perguntas visam verificar a opinião dos participantes dos grupos em vários aspectos, entre os quais: volume de trabalho, satisfação, interesse e autonomia, fazendo comparações entre o sistema antigo e o atual. Observamos que a maioria dos funcionários que trabalham em grupo tem o aumento de sua autonomia como fator determinante de ganho com o novo sistema.

O Quadro 5.2 mostra a evolução da implantação do Trabalho em Grupo na empresa. O objetivo da empresa é que, no final de 1999, houvessem 339 grupos implantados em sua fábrica de São Bernardo do Campo.

Quadro 5.2 – Evolução da Implantação de Grupos por Ano

| Ano    | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999* | Total de Funcionários |
|--------|------|------|------|------|-------|-----------------------|
| Grupos | 06   | 33   | 118  | 203  | 347   | 3.200                 |

Fonte: “adaptado de” relatório da empresa estudada.

### 5.3.2 O Acordo Coletivo do Trabalho em Grupo na Empresa Estudada

Conforme descrito anteriormente, após discussões e a decisão favorável da diretoria da empresa de que essa nova filosofia de trabalho seria implantada, o passo seguinte foi informar o Sindicato dos Metalúrgicos do ABC e a Representação Interna de Empregados. Logo após, iniciou-se a negociação do acordo com o Sindicato para a fábrica de São Bernardo do Campo, onde foram estabelecidas as normas da implantação e funcionamento dos grupos semiautônomos. Durante aproximadamente dois anos esse acordo foi discutido e finalmente assinado pela diretoria da empresa e do Sindicato em 17 de março de 1995.

A seguir, os pontos mais significativos deste acordo:

Em março de 1995, a empresa estudada e, de outro lado, o Sindicato dos Metalúrgicos do ABC, com fundamento no artigo 612 da Consolidação das Leis do Trabalho, visando alcançar a excelência da qualidade e do desenvolvimento tecnológico, resolveram celebrar um acordo coletivo para implantação do Trabalho em Grupo na empresa, sob as regras citadas a seguir.

O conceito do Trabalho em Grupo fora acordado como a realização de um conjunto de atividades por um grupo semiautônomo subordinado a uma mestria, visando à execução de determinada parcela da produção e/ou serviços da empresa. Isso tudo associado à obtenção de significativas melhorias de produtividade, da qualidade dos produtos e da qualidade de vida no trabalho.

A implantação do Trabalho em Grupo foi iniciada por projetos piloto realizados dentro de áreas delimitadas, com seus respectivos meios de produção disponíveis. Foram definidos previamente para cada grupo o quadro de pessoal, as condições de trabalho e o conjunto de tarefas, agregando-se atividades diretas e indiretas e determinando-se as fronteiras de início e término de suas atividades.

A implantação dos Grupos de Trabalho foi desenvolvida visando à realização integral de um determinado conjunto de tarefas e a consequente superação do trabalho fragmentado, ampliando-se progressivamente as possibilidades de tomada de decisão por parte de seus integrantes e buscando-se o crescimento da qualificação profissional dos trabalhadores, através de:

- a) Autonomia do grupo quanto aos métodos de realização do trabalho, distribuição interna de atividades e alocação dos recursos produtivos existentes com vistas às melhorias previstas na cláusula primeira e sem prejuízo ao fluxo produtivo dos grupos ou setores

antes e pós situados;

- b) Acréscimo paulatino de novas atividades, mediante adequado treinamento prévio, e respeitadas as capacidades e potencialidades dos profissionais integrantes do Grupo de Trabalho;
- c) Instituição do porta-voz no papel de representante técnico do Grupo de Trabalho e interlocutor com os demais grupos e superiores.

A direção da empresa e o Sindicato/representação de empregados constituíram uma Equipe de Coordenação, com o objetivo de acompanhar a implementação e avaliar o funcionamento dos projetos piloto para o Trabalho em Grupo. Os Grupos de Monitoramento foram constituídos onde se realizaram um projeto piloto e integrados pelos respectivos mestres, representante da área de Pessoal, gerente de área, representante distrital dos empregados e um técnico indicado pelas partes.

Cada grupo implementado ficou subordinado diretamente a uma mestria e seu dimensionamento básico foi aprovado pela Equipe de Coordenação, em função das necessidades de pessoal. Este dimensionamento básico foi acrescido de um percentual acordado, visando substituir ausências, tempo para treinamento, tempo para reuniões do grupo, férias e folgas, respeitando as condições abaixo:

- a) Não foram organizados grupos cujo número de integrantes tornasse impossível o atendimento dos objetivos previstos. O número de trabalhadores em cada grupo não poderia ser menor que o dimensionamento básico definido para o mesmo;
- b) A participação é voluntária e, para os que não se dispusessem a participar dos grupos, haveria realocação e classificação, sem prejuízo na evolução salarial e no plano de carreira;
- c) Os grupos foram formados com base nos quadros de empregados já existentes em determinado setor ou área;
- d) Eventuais problemas decorrentes da composição dos grupos deveriam ser analisados pelos Grupos de Monitoramento locais, que encaminham propostas à Equipe de Coordenação, a qual cabe definir a solução adequada para a superação da dificuldade.

Todos os dados técnicos e organizacionais que a Equipe de Coordenação, o Grupo de Monitoramento e cada Grupo de Trabalho precisaram para o desenvolvimento de suas tarefas e respectivo cumprimento dos programas de produção foram colocados à disposição, assim como as

informações relativas aos resultados obtidos pelos grupos, mediante compromisso de sigilo.

- a) Os Grupos de Monitoramento locais analisam eventuais questões relacionadas aos programas de produção, propondo soluções adequadas e recorrendo à Equipe de Coordenação, caso necessário;
- b) Os Grupos de Trabalho têm corresponsabilidade pelas atividades e resultados na execução das tarefas. A qualidade, quantidade, utilização da capacidade, cumprimento de prazos e evolução na racionalização de custos integram as mencionadas corresponsabilidades na medida em que possam ser influenciadas pela autonomia de cada grupo.

Os trabalhadores envolvidos na implantação foram capacitados para o Trabalho em Grupo através de formação em salas de aula, bem como atividades formativas nas áreas de trabalho. Os referidos programas de capacitação foram à empresa pela área de Desenvolvimento de Pessoal, constando de dois segmentos básicos: informações sobre Trabalho em Grupo e qualificação para a nova forma de organização do trabalho.

A partir da implantação do Trabalho em Grupo, se há alteração do grau de solicitação do trabalhador no conjunto de atividades exercidas, modificando-se o perfil da função quando comparado à situação anterior à mudança, as funções/remunerações correspondentes também são readequadas a este novo perfil.

Cada grupo piloto tem um porta-voz e qualquer membro do grupo pode ser eleito para esse papel:

- a) O porta-voz é eleito com 50% mais um dos votos dos membros do Grupo de Trabalho. O trabalhador indicado tem seu nome submetido à aprovação do superior hierárquico direto;
- b) Havendo impasse quanto ao trabalhador eleito, o Grupo de Monitoramento local procurará solução conciliatória, remetendo a questão à Equipe de Coordenação, caso mantido o impasse;
- c) O trabalhador eleito poderá ser destituído mediante critério a ser definido pela Equipe de Coordenação;
- d) O porta-voz é eleito por um período de seis meses, com direito a uma única reeleição consecutiva;
- e) O trabalhador que tiver exercido o papel de porta-voz por dois mandatos consecutivos não poderá concorrer novamente à representação técnica do Grupo de Trabalho por um período

de 12 meses.

O porta-voz é o representante do Grupo de Trabalho perante os superiores hierárquicos e as diferentes instâncias da empresa no que diz respeito à condução do processo produtivo, bem como a orientação e coordenação de atividades com as demais áreas produtivas ou de apoio à produção.

- a) O porta-voz coordena as reuniões do grupo junto com os demais integrantes, organiza a distribuição das atividades, bem como das férias, folgas e ausências, observando a política e os padrões contidos nas normas da empresa.
- b) O porta-voz não tem poder disciplinar ou de atribuir benefícios e punições aos membros do grupo.
- c) O porta-voz não tem papel de representação sindical.

As reuniões dos grupos são semanais ou quando convenientes ao bom andamento das atividades sob sua corresponsabilidade, em comum acordo com o superior hierárquico direto. O tempo previsto para reuniões é de 15 minutos por semana para cada grupo. As reuniões são realizadas durante a jornada de trabalho, a critério do grupo e respeitada a manutenção das pausas coletivas, sem prejuízo do próprio trabalho do grupo e/ou atividades subsequentes. São considerados os tempos de reuniões no cálculo da necessidade de pessoal, de forma que não prejudique as atividades inter-relacionadas e o cumprimento dos programas de produção.

- a) Apenas em casos extraordinários, é admitida a realização de reuniões fora da jornada de trabalho, mediante concordância do próprio Grupo de Trabalho e da chefia. Nesse caso, o tempo de reunião é pago de acordo com a convenção ou acordo coletivo que se aplica.
- b) Excepcionalmente, em função de aspectos de caráter pessoal na experiência concreta do Trabalho em Grupo, o porta-voz pode solicitar permissão ao mestre para reunião apenas com os membros do grupo.

O Grupo de Trabalho pode apresentar sugestões de melhorias quanto ao produto, aos métodos de trabalho e à organização da respectiva área. As chefias encaminham essas sugestões para a implantação das mesmas junto aos órgãos internos responsáveis.

- Os grupos têm autonomia para adotar determinada sugestão relativa aos métodos de trabalho, desde que esta não envolva recursos adicionais nem reduza os indicadores de desempenho do próprio grupo. As sugestões somente são canceladas após a apresentação dos fundamentos da empresa ao próprio Grupo de Trabalho.

## 5.4 A Diretoria de Produção de Eixos da Empresa

As 30 células de manufatura consideradas neste estudo estão subordinadas à Diretoria de Fabricação e Montagem de Eixos desta empresa, que agrupa 893 máquinas (no início do estudo em 2008) distribuídas em um pavilhão de 71.650 metros quadrados com aproximadamente 1.500 funcionários. A Tabela 5.1 mostra alguns indicadores desta diretoria.

Tabela 5.1 – Indicadores Anuais da Diretoria de Fabricação de Eixos

|                                    | 2002          | 2003          | 2004           | 2005           | 2006           | 2007           | 2008           |
|------------------------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>Área Total (m²)</b>             | <b>71.650</b> | <b>71.650</b> | <b>71.650</b>  | <b>71.650</b>  | <b>71.650</b>  | <b>71.650</b>  | <b>71.650</b>  |
| <b>Área Construída (m²)</b>        | <b>49.473</b> | <b>49.473</b> | <b>49.650</b>  | <b>49.650</b>  | <b>47.950</b>  | <b>47.950</b>  | <b>47.950</b>  |
| <b>Funcionários</b>                | <b>1.070</b>  | <b>1.127</b>  | <b>1.353</b>   | <b>1.417</b>   | <b>1.417</b>   | <b>1.523</b>   | <b>1.565</b>   |
| <b>Células de Manufaturas</b>      | <b>74</b>     | <b>74</b>     | <b>74</b>      | <b>74</b>      | <b>80</b>      | <b>80</b>      | <b>82</b>      |
| <b>Produção Anual (Eixos)</b>      | <b>76.862</b> | <b>91.948</b> | <b>121.452</b> | <b>131.462</b> | <b>125.370</b> | <b>146.515</b> | <b>171.118</b> |
| <b>Produtividade / Funcionário</b> | <b>72</b>     | <b>82</b>     | <b>90</b>      | <b>92</b>      | <b>88</b>      | <b>96</b>      | <b>109</b>     |
| <b>Despesas Primárias (Mio)</b>    | <b>8,5</b>    | <b>11,1</b>   | <b>15,1</b>    | <b>16,9</b>    | <b>18,3</b>    | <b>30,8</b>    | <b>22,0</b>    |
| <b>Nota Audit</b>                  | <b>1,04</b>   | <b>1,12</b>   | <b>1,15</b>    | <b>1,15</b>    | <b>1,14</b>    | <b>1,11</b>    | <b>1,13</b>    |
| <b>Racionalização (%)</b>          | <b>-0,76</b>  | <b>-0,72</b>  | <b>-3,88</b>   | <b>-11,20</b>  | <b>-2,00</b>   | <b>-8,20</b>   | <b>-5,00</b>   |
| <b>Nota Padronização Global</b>    | <b>66%</b>    | <b>91%</b>    | <b>76%</b>     | <b>82%</b>     | <b>89%</b>     | <b>76%</b>     | <b>92%</b>     |

Fonte: “adaptado de” relatório da empresa estudada.

O parque de máquinas é composto por equipamentos de última geração e também por equipamentos de idade superior a 35 anos. Em todos os equipamentos, aplicam-se conceitos de manutenção preditiva, preventiva e corretiva. O conceito TPM também é muito forte nesta unidade, pois a idade das máquinas tem uma variação muito grande (vide Figura 5.1).

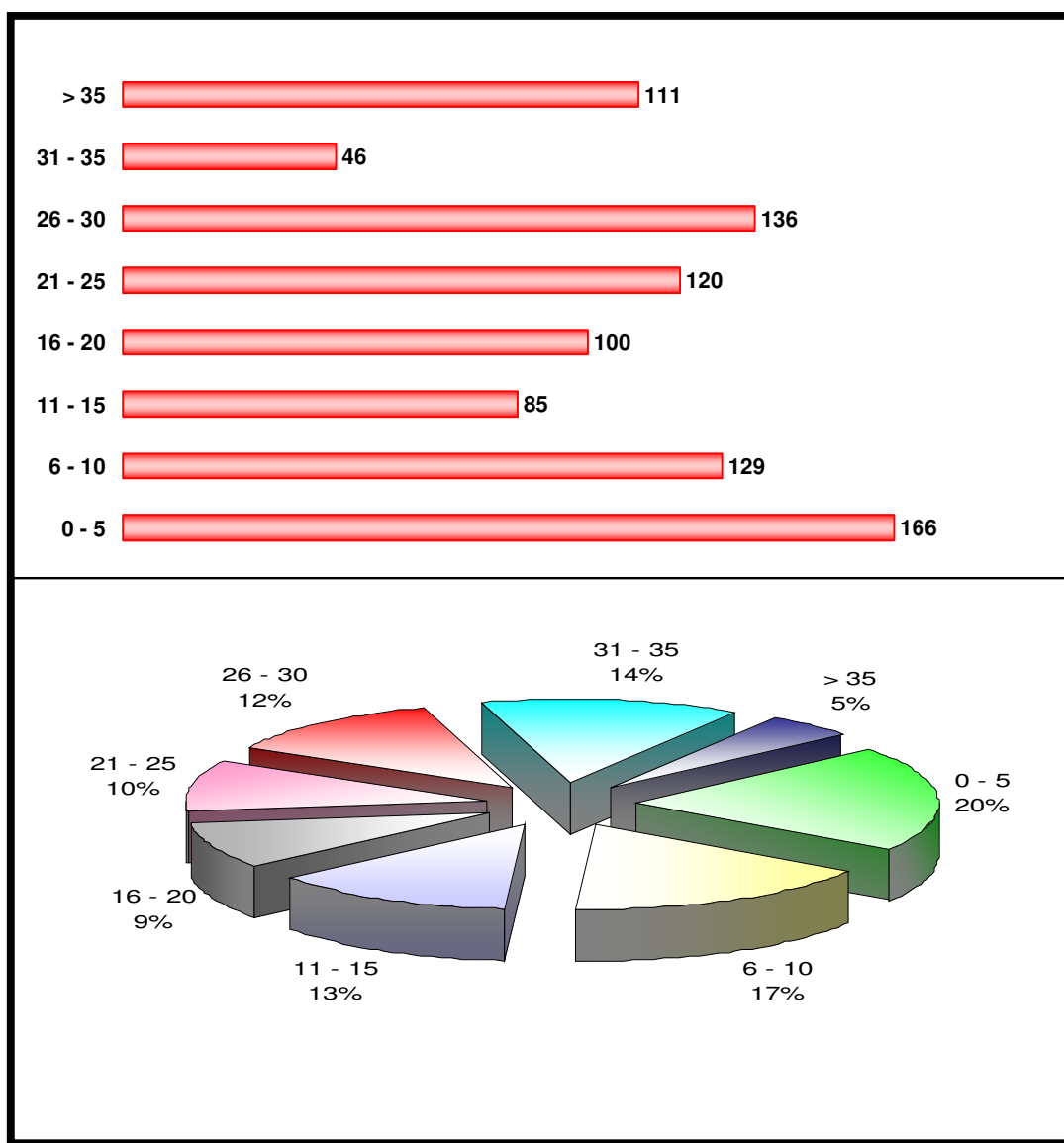


Figura 5.1 – Idade das Máquinas da Diretoria de Fabricação de Eixos  
 Fonte: “adaptado de” relatório da empresa estudada.

Com os equipamentos acima, faz-se a usinagem, tratamento térmico e montagem das diversas peças que compõem o eixo. As máquinas estão alinhadas conforme conceito de célula de manufatura e trabalham com a programação definida pelo “*Kanban*”.



Figura 5.2 – Célula de Usinagem da Coroa, um dos Componentes do Eixo  
Fonte: relatório da empresa estudada.

Nos setores de pré-montagens localizados nos locais onde são usinados, os principais subconjuntos montados e dispostos em Kanban são “comprados” conforme o sequenciamento da linha de montagem de eixo. Veja as Figuras 5.2 e 5.3.

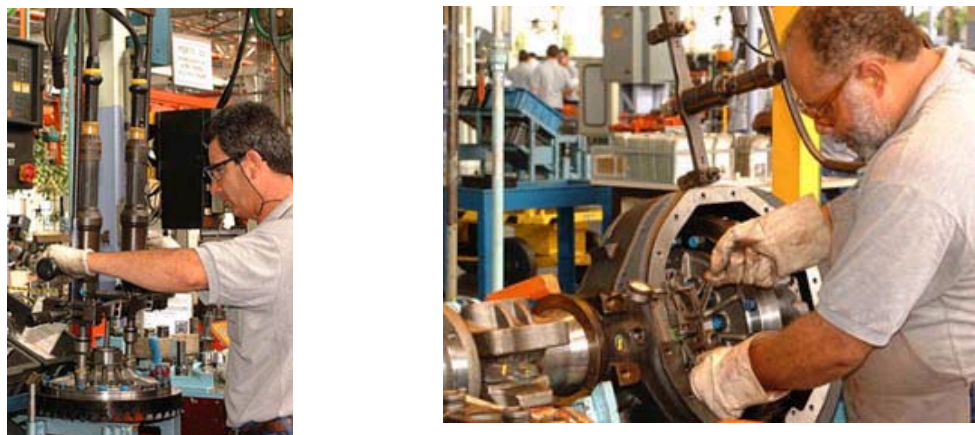


Figura 5.3 – Célula de Pré-Montagem do Eixo  
Fonte: relatório da empresa estudada.

Existem seis linhas de montagem de eixos para atender os clientes internos. A seguir, foram ilustradas quatro destas linhas, a saber: caminhões, ônibus, veículos comerciais leves e automóveis.

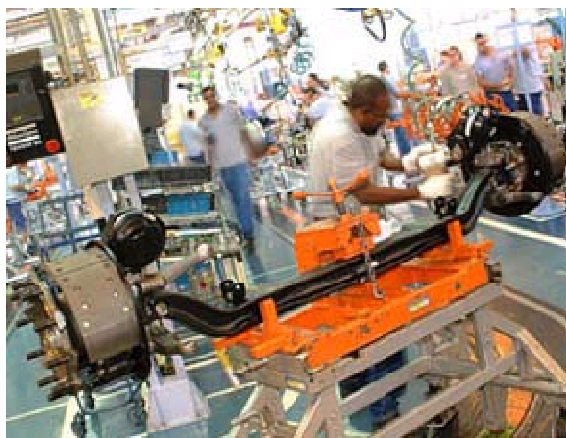


Figura 5.4 – Linha de Montagem de Eixo Dianteiro  
Fonte: relatório da empresa estudada.



Figura 5.5 – Linha de Montagem de Eixo Traseiro  
Fonte: relatório da empresa estudada.



Figura 5.6 – Linha de Montagem de Eixo Traseiro de Veículo Pesado  
Fonte: relatório da empresa estudada.

Utilizando a ferramenta "*poke yoke*", a precisão das montagens e os ajustes são garantidos.

### 5.5 As 30 Células de Manufatura Estudadas

As 30 células estudadas estão formadas há aproximadamente 15 anos e possuem grande maturidade em relação ao Trabalho em Grupo. A Tabela a seguir (5.2) resume os números que dão a dimensão do tamanho e estrutura presentes em cada célula de manufatura estudada.

Tabela 5.2 – Dados das 30 Células Estudadas

|    | Células                          | Quantidade de Máquinas Célula | Trabalho em Grupo | Quantidade de Operadores por Grupo | Variedade de Peças Produzidas | Quantidade de Setup Semanal Médio | Quantidade de Turnos Semanais | Quantidade de Produção por Dia |
|----|----------------------------------|-------------------------------|-------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 1  | Forno Trat. Térmico              | 1                             | Sim               | 5                                  | 35                            | 0                                 | 20                            | N/A                            |
| 2  | Forno Trat. Térmico              | 1                             | Sim               | 5                                  | 35                            | 0                                 | 20                            | N/A                            |
| 3  | Prensa Cj. Carcaça               | 2                             | Sim               | 5                                  | 30                            | 100                               | 20                            | 155                            |
| 4  | Prensa Cj. Carcaça               | 2                             | Sim               | 5                                  | 30                            | 100                               | 20                            | 155                            |
| 5  | Tornearia Sapata Média           | 2                             | Sim               | 5                                  | 1                             | 0                                 | 20                            | 300                            |
| 6  | Tornearia Tubo Eixo Traseiro     | 3                             | Sim               | 8                                  | 5                             | 10                                | 20                            | 120                            |
| 7  | Tornearia Tubo Eixo Traseiro     | 3                             | Sim               | 8                                  | 5                             | 10                                | 20                            | 150                            |
| 8  | Tornearia Tubo Eixo Traseiro     | 3                             | Sim               | 8                                  | 30                            | 10                                | 20                            | 180                            |
| 9  | Usinagem Caixa Satélite Médio    | 8                             | Sim               | 6                                  | 3                             | 20                                | 20                            | 80                             |
| 10 | Usinagem Carcaças Médias         | 12                            | Sim               | 15                                 | 5                             | 3                                 | 20                            | 150                            |
| 11 | Usinagem Cartola                 | 6                             | Sim               | 5                                  | 8                             | 20                                | 20                            | 120                            |
| 12 | Usinagem Cavalete do Freio       | 6                             | Sim               | 4                                  | 8                             | 40                                | 20                            | 350                            |
| 13 | Usinagem Cubo Roda Diant. Médio  | 3                             | Sim               | 4                                  | 2                             | 6                                 | 20                            | 165                            |
| 14 | Usinagem Cubo Roda Diant. Pesado | 4                             | Sim               | 4                                  | 7                             | 51                                | 17                            | 120                            |
| 15 | Usinagem Cubo Roda Leve          | 4                             | Sim               | 5                                  | 8                             | 60                                | 20                            | 240                            |
| 16 | Usinagem Cubo Roda Médio - I     | 5                             | Sim               | 5                                  | 2                             | 20                                | 20                            | 180                            |
| 17 | Usinagem Cubo Roda Médio - II    | 4                             | Sim               | 3                                  | 2                             | 10                                | 20                            | 120                            |

|    |                                   |    |     |   |    |    |    |     |
|----|-----------------------------------|----|-----|---|----|----|----|-----|
| 18 | Usinagem Cubo Roda Médio - III    | 4  | Sim | 4 | 1  | 0  | 17 | 120 |
| 19 | Usinagem Cubo Roda Pesado         | 4  | Sim | 6 | 12 | 40 | 20 | 135 |
| 20 | Usinagem Disco Freio Pesado       | 3  | Sim | 5 | 1  | 0  | 17 | 150 |
| 21 | Usinagem Ponta Eixo Diant. Leve   | 4  | Sim | 5 | 5  | 20 | 20 | 105 |
| 22 | Usinagem Ponta Eixo Diant. Média  | 11 | Sim | 8 | 2  | 20 | 20 | 270 |
| 23 | Usinagem Ponta Eixo Diant. Pesada | 4  | Sim | 3 | 5  | 20 | 20 | 120 |
| 24 | Usinagem Sapata Freio - Pesada    | 7  | Sim | 6 | 6  | 20 | 20 | 750 |
| 25 | Usinagem Sapata Freio - Média     | 6  | Sim | 7 | 1  | 0  | 20 | 900 |
| 26 | Usinagem Tambor Freio Pesado - I  | 2  | Sim | 6 | 4  | 20 | 20 | 165 |
| 27 | Usinagem Tambor Freio Pesado - II | 2  | Sim | 6 | 2  | 6  | 20 | 180 |
| 28 | Usinagem Tambor Médio I           | 8  | Sim | 8 | 2  | 0  | 20 | 300 |
| 29 | Usinagem Tambor Médio II          | 8  | Sim | 8 | 2  | 0  | 20 | 300 |
| 30 | Usinagem Viga Média               | 6  | Sim | 7 | 2  | 30 | 17 | 120 |

Fonte: dados da empresa resumidos pelo autor.

O sistema de produção destas células do estudo é composto por máquinas operatrizes dispostas em *layout* do tipo celular e adotado o JIT com forma de logística, bem como o *one piece flow*. As peças em fabricação são transportadas em meios adequados para esta função.

As dimensões de todas as peças produzidas obedecem a um desenho desenvolvido pela engenharia de produto responsável pelas análises de desgaste e resistência mecânica. A cada etapa do processo produtivo, o operador checa as dimensões do conjunto através de um plano de processo que estipula a frequência de medição e as tolerâncias máximas e mínimas exigidas pelo desenho do produto. A aprovação da peça para a etapa de produção subsequente é de responsabilidade do operador, o que caracteriza o autocontrole.

#### 5.5.1 Tempos de Fabricação

Os tempos de fabricação são determinados pelo *takt time*, não podendo ser superior ao tempo do *takt time*. A Figura 5.7 apresenta um gráfico com os tempos por máquina em relação ao *takt time*.

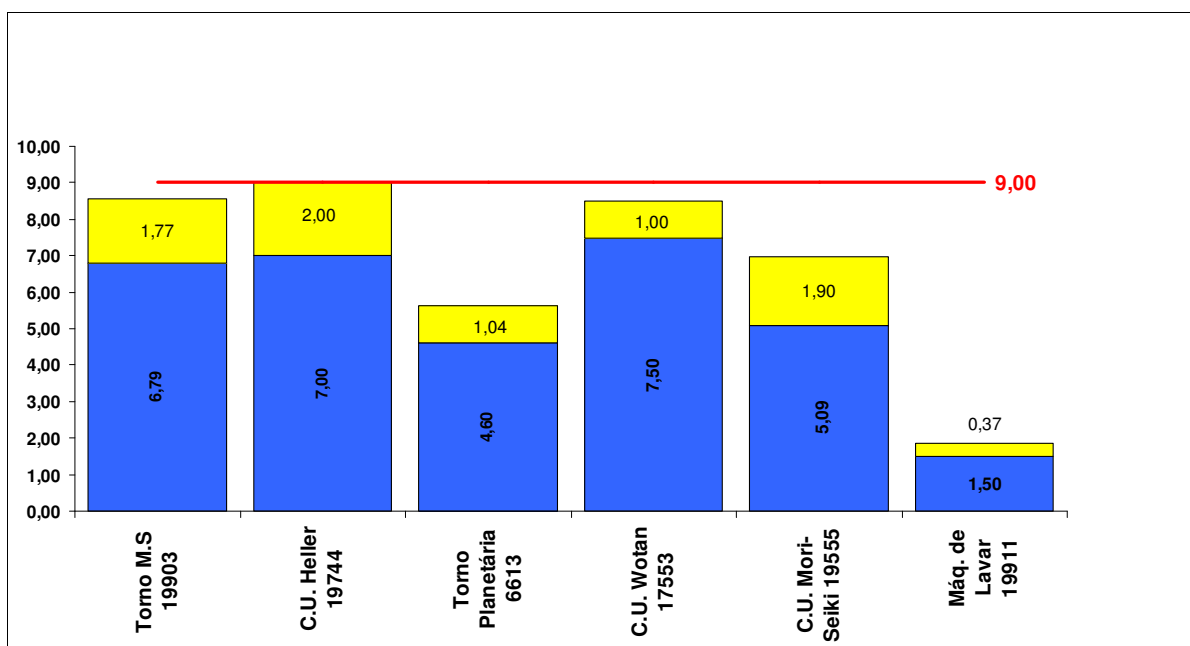


Figura 5.7 – Gráfico de Tempos de Usinagem  
 Fonte: “adaptado de” relatório da empresa estudada.

No caso de usinagem celular, o maior tempo de fabricação é que determina o gargalo da célula, dá o ritmo de produção e também estabelece a meta de produção por turno.

## 5.6 Cálculo do O.E.E.

Conforme descrito no Capítulo 4, segundo Slack et al. (2002), a medição de desempenho é o processo de quantificar a ação, no qual medição significa o processo de quantificação, sendo o desempenho definido como o grau em que a produção preenche os cinco objetivos de desempenho (qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custos).

No Capítulo 4.1, foi descrito que a utilização do indicador O.E.E. permite que as empresas analisem as reais condições da utilização de seus ativos. Estas análises das condições ocorrem a partir da identificação das perdas existentes no ambiente fabril, envolvendo índices de disponibilidade de equipamentos, desempenho e qualidade.

Segundo Nakajima (1989), o O.E.E. é uma medida que procura revelar os custos escondidos na empresa. Conforme Ljungberg (1998), antes do advento desse indicador, somente a disponibilidade era considerada na utilização dos equipamentos, o que resultava no superdimensionamento de capacidade.

O O.E.E. é calculado na empresa estudada utilizando o tempo líquido, conforme ilustrado na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Tabela para Cálculo de Tempos

| <i>CÁLCULO DE DISPONIBILIDADE POR TURNOS</i>                                                                                                                                              |          |         |            |         |         |         |          |         |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------|------------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|
|                                                                                                                                                                                           | 2 TURNOS |         | 2,5 TURNOS |         |         |         | 3 TURNOS |         |         |
|                                                                                                                                                                                           | 5:45 h   | 15:00 h | 5:45 h     | 15:00 h | 5:45 h  | 13:45 h | 5:45 h   | 13:45 h | 21:45 h |
|                                                                                                                                                                                           | 15:00 h  | 23:58 h | 15:00 h    | 23:58 h | 13:45 h | 21:45 h | 13:45 h  | 21:45 h | 5:45 h  |
| DISPONÍVEL BRUTO / TURNO                                                                                                                                                                  | 555      | 538     | 555        | 538     | 480     | 480     | 480      | 480     | 480     |
| REFEIÇÃO                                                                                                                                                                                  | 50       | 50      | 45         | 45      | 40      | 40      | 40       | 40      | 40      |
| CAFÉ                                                                                                                                                                                      | 10       | 10      | 10         | 10      | 10      | 10      | 10       | 10      | 10      |
| NECESSIDADES PESSOAIS                                                                                                                                                                     | 26       | 26      | 26         | 25      | 22      | 22      | 22       | 22      | 22      |
| TROCA DE FERRAMENTAS                                                                                                                                                                      | 20       | 20      | 20         | 20      | 20      | 20      | 20       | 20      | 20      |
| REMOÇÃO DE CAVACOS                                                                                                                                                                        | 10       | 10      | 10         | 10      | 10      | 10      | 10       | 10      | 10      |
| LIMPEZA DE FINAL DE TURNO                                                                                                                                                                 | 20       | 20      | 20         | 20      | 20      | 20      | 20       | 20      | 20      |
| DISPONÍVEL LÍQUIDO / TURNO                                                                                                                                                                | 419      | 402     | 424        | 408     | 358     | 358     | 358      | 358     | 358     |
| EFICIÊNCIA                                                                                                                                                                                | 21%      | 21%     | 20%        | 21%     | 25%     | 25%     | 25%      | 25%     | 25%     |
| <div> <div>O.E.E.</div> <div>Base para cálculo</div> <div> <math>T = A - B = 420 \text{ minutos / turno}</math> <math>T = I - II - III = 360 \text{ minutos / turno}</math> </div> </div> |          |         |            |         |         |         |          |         |         |

Fonte: “adaptado de” relatório da empresa estudada.

Então, este trabalho adota a Fórmula 8:

$$\begin{aligned}
 &\text{Quantidade de Peças Boas Produzidas} \times \text{Tempo Ciclo Máquina Gargalo} \\
 \text{O.E.E.} = & \frac{\quad}{\text{Tempo Líquido Disponível}} \times 100 \quad (8)
 \end{aligned}$$

## **6 RESULTADOS OBTIDOS**

### **6.1 Introdução**

Nos anos de 2007 e 2008, implantou-se o O.E.E. em todas as células gargalos das usinagens de peças do eixo porque a produção de eixo é o gargalo de produção da empresa estudada. Como comentado anteriormente, neste biênio houve um pico de produção acima da capacidade instalada e, com a adoção do O.E.E., pode-se verificar o aumento de produtividade tanto das máquinas e equipamentos como da mão de obra.

O O.E.E. é um indicador que serve como “termômetro” e não elimina as perdas existentes no processo. Consequentemente, é utilizado para medir a eficiência e, uma vez realizada a medição, pode planejar e programar melhorias, comparando os resultados. Neste trabalho, analisaram-se os resultados obtidos em todas as células de manufatura onde foi instalado o O.E.E. Durante 17 meses de estudos, entre agosto de 2007 e dezembro de 2008, extraíram-se as características comuns das células que têm alto, médio e baixo rendimento.

A partir deste capítulo, será mostrada a implantação da sistemática O.E.E. e as medições que se utilizaram para definir as perdas do sistema. Depois disso, será apresentado o agrupamento das células de manufatura conforme seu rendimento em três grupos:

- a) Baixo rendimento, ou seja, abaixo de 75%;
- b) Médio rendimento, ou seja, entre 75% e 85%;
- c) Alto rendimento, ou seja, acima de 85%.

### **6.2 Implantação do O.E.E.**

Em agosto de 2007, iniciou-se a implantação do O.E.E., baseada numa sistemática própria da empresa estudada, com o objetivo de estudar as perdas existentes no processo produtivo. Visto que o programa de produção para o biênio seguinte era desafiador e suas médias diárias estavam acima da capacidade produtiva instalada.

Nesta época, foram definidas as células que seriam implantadas o O.E.E. (Tabela 6.1), elaborando-se um Cronograma de Implantação (Quadro 6.1). Este cronograma foi acompanhado com o auxílio do gráfico farol, conforme mostra a Figura 6.2. No total, foram 51 células nas quais se implantou o O.E.E.

Tabela 6.1 – As 51 células nas quais, a princípio, se implantou o O.E.E

|    | <b>Célula</b>             | <b>Máquina Gargalo</b>      |
|----|---------------------------|-----------------------------|
| 1  | Tubo de Apoio             | Torno CNC                   |
| 2  | Linha Transfer            | Máquina Especial            |
| 3  | Prensa Müller             | Prensa Hidráulica Especial  |
| 4  | Prensa Müller             | Prensa Hidráulica Especial  |
| 5  | Flexível                  | Centro de Usinagem Especial |
| 6  | Flexível                  | Centro de Usinagem Especial |
| 7  | Tubo HL5                  | Torno CNC                   |
| 8  | Coroa C4                  | Torno CNC                   |
| 9  | Forno Pyro                | Forno Tratamento Térmico    |
| 10 | Forno                     | Forno Tratamento Térmico    |
| 11 | Forno                     | Forno Tratamento Térmico    |
| 12 | Forno                     | Forno Tratamento Térmico    |
| 13 | Forno                     | Forno Tratamento Térmico    |
| 14 | Forno                     | Forno Tratamento Térmico    |
| 15 | Cartola                   | Centro Usinagem             |
| 16 | ILHA                      | Torno CNC                   |
| 17 | HL2                       | Torno CNC                   |
| 18 | HL4                       | Torno CNC                   |
| 19 | HL5                       | Torno CNC                   |
| 20 | HL7                       | Torno CNC                   |
| 21 | VL3 - 5T                  | Torno CNC                   |
| 22 | VL3 - 6,5T                | Torno CNC                   |
| 23 | VO4/VL4                   | Torno CNC                   |
| 24 | Sapata Média              | Fresadora Horizontal CNC    |
| 25 | Sapata Pesada             | Centro de Usinagem          |
| 26 | Tambor HL5                | Torno Especial              |
| 27 | Tambor HL7                | Torno Especial              |
| 28 | Tambor HL7                | Torno Especial              |
| 29 | Tambor VL3                | Torno Especial              |
| 30 | Disco Pesado              | Torno CNC                   |
| 31 | Disco Leve                | Torno CNC                   |
| 32 | Tambor Máster             | Torno CNC                   |
| 33 | Bullard                   | Torno Especial              |
| 34 | Manga do AXOR             | Centro de Usinagem          |
| 35 | Manga do LN               | Centro de Usinagem          |
| 36 | Manga do VL3              | Furadeira Múltipla Especial |
| 37 | Coroa do Freio            | Fresadora Vertical          |
| 38 | Suporte do Freio (Linhão) | Fresadora Vertical          |
| 39 | Suporte do Freio 3106     | Fresadora Vertical          |
| 40 | Cavalete do Freio         | Fresadora Vertical          |
| 41 | Suporte do Freio FSK      | Fresadora Vertical          |
| 42 | Semieixo LN               | Torno CNC                   |
| 43 | Semieixo HL5              | Torno CNC                   |
| 44 | Anel Roscado              | Torno CNC                   |
| 45 | Anel de Compensação       | Torno CNC                   |
| 46 | Semieixo HL4R             | Torno CNC                   |
| 47 | Semieixo HL7              | Torno CNC                   |
| 48 | Rolete de Freio           | Torno Revólver              |
| 49 | Cx. Satélite HL5/HL4R     | Torno CNC                   |

|    |                       |           |
|----|-----------------------|-----------|
| 50 | Cx. Satélite HL2/HL4N | Torno CNC |
| 51 | Cx. Satélite HL7      | Torno CNC |

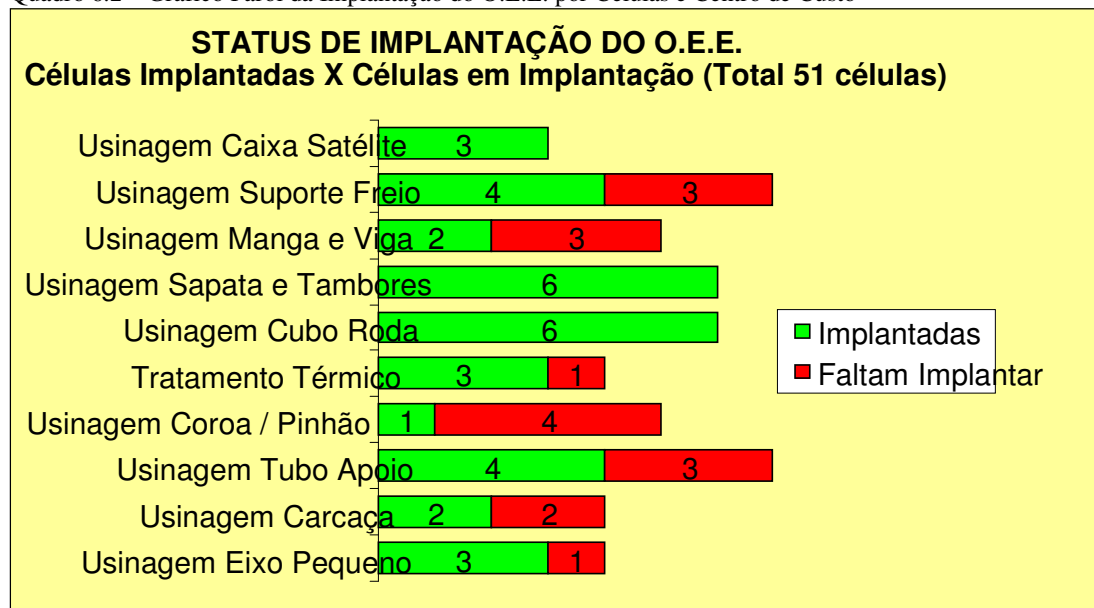
Fonte: “adaptado de” relatório da empresa estudada.

Quadro 6.1– Cronograma de Implantação O.E.E.

| PLANO DE AÇÃO Implantação<br>Monitoramento da Produção TAE            |                       |                                                 |              |              |              |              |              |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 01-Metas / Objetivos:<br>Planejamento de Implantação do Monitoramento |                       |                                                 |              |              |              |              |              |
| O QUE FAZER                                                           | QUEM<br>(Responsável) | Semana<br>39                                    | Semana<br>40 | Semana<br>41 | Semana<br>42 | Semana<br>43 | Semana<br>44 |
| Implantação no TAE1                                                   | Roberto               | 109/4 - 5 célula implantado / Faltam 2 células  |              |              |              |              | 30/10/2007   |
| Implantação no TAE2                                                   | Vicalvi / Israel      | 153/4 - 1 célula implantado / faltam 6 células  |              |              |              |              | 30/10/2007   |
|                                                                       |                       | 158/4 - 5 células implantado / faltam 4 células |              |              |              |              | 30/10/2007   |
| Implantação no TAE3                                                   | Ricardo Graça / Juan  | 174/4 - 1 célula implantado / faltam 8 células  |              |              |              |              | 30/10/2007   |
|                                                                       |                       | 251/4 - 6 células implantado                    |              |              |              |              | Ok           |
| Implantação no TAE4                                                   | Ferrari / Leonel      | 151/4 - 9 células implantado                    |              |              |              |              | OK           |
|                                                                       |                       | 157/4 - 9 células implantado                    |              |              |              |              | OK           |
| Implantação no TAE5                                                   | Valdir                | 152/4 - 8 células implantado                    |              |              |              |              | OK           |
| Implantação no TAE6                                                   | Loyola                | 155/4 - 11 células implantado                   |              |              |              |              | OK           |
|                                                                       |                       | 156/4 - 3 células implantado                    |              |              |              |              | OK           |

Fonte: “adaptado de” relatório da empresa estudada.

Quadro 6.2 – Gráfico Farol da Implantação do O.E.E. por Células e Centro de Custo



Fonte: “adaptado de” relatório da empresa estudada.

### 6.3 Banco de Dados O.E.E.

Para se obter os dados relativos ao acompanhamento da produção das células escolhidas, criou-se uma sistemática de banco de dados no sistema Access (Figura 6.1), bem como uma planilha disponibilizada junto às máquinas (Figura 6.3) na qual os operadores anotavam os dados que diariamente foram inseridos no banco de dados.

**Inserir Dados do Diário de Produção**

**Visualizar Gráficos K-Fator**

**Plano de Ação**

**Farol**

**Alterar Dados do Diário de Produção**

**Cadastrar Dados dos C.C.**

**Administração de Usuários**

**Sair**



Figura 6.2 – Planilha para Recolhimento de Dados utilizada pela Empresa  
Fonte: relatório da empresa estudada.

#### 6.4 Resultados Obtidos no Banco de Dados O.E.E.

Diariamente, os funcionários das máquinas críticas colocavam a quantidade de peças produzidas e as eventuais perdas em um Quadro de Gestão à Vista, ilustrado na Figura 6.3, no qual eram discutidas as ocorrências do dia anterior.



Figura 6.3 – Sistemática de Verificação das Perdas  
Fonte: relatório da empresa estudada.

Estes resultados eram inseridos no banco de dados e, no final do mês, obtinha-se o desempenho diário por célula monitorada (Figura 6.4). Vide exemplo da célula do conjunto cartola.

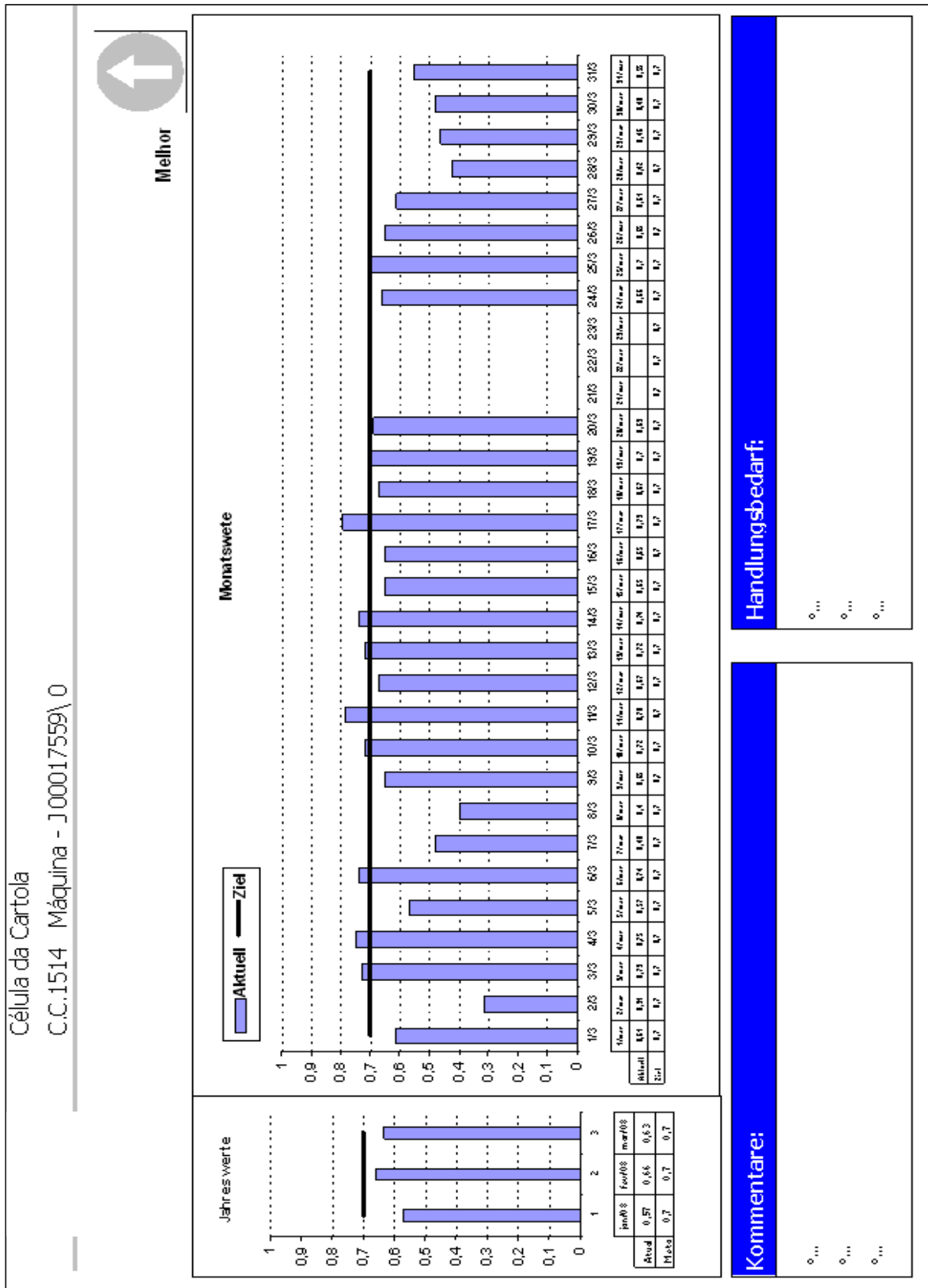


Figura 6.4 – Gráfico de Monitoramento Diário do O.E.E. por Célula  
Fonte: relatório da empresa estudada.

Obtém-se também as perdas detalhadas por motivos (Figura 6.5).

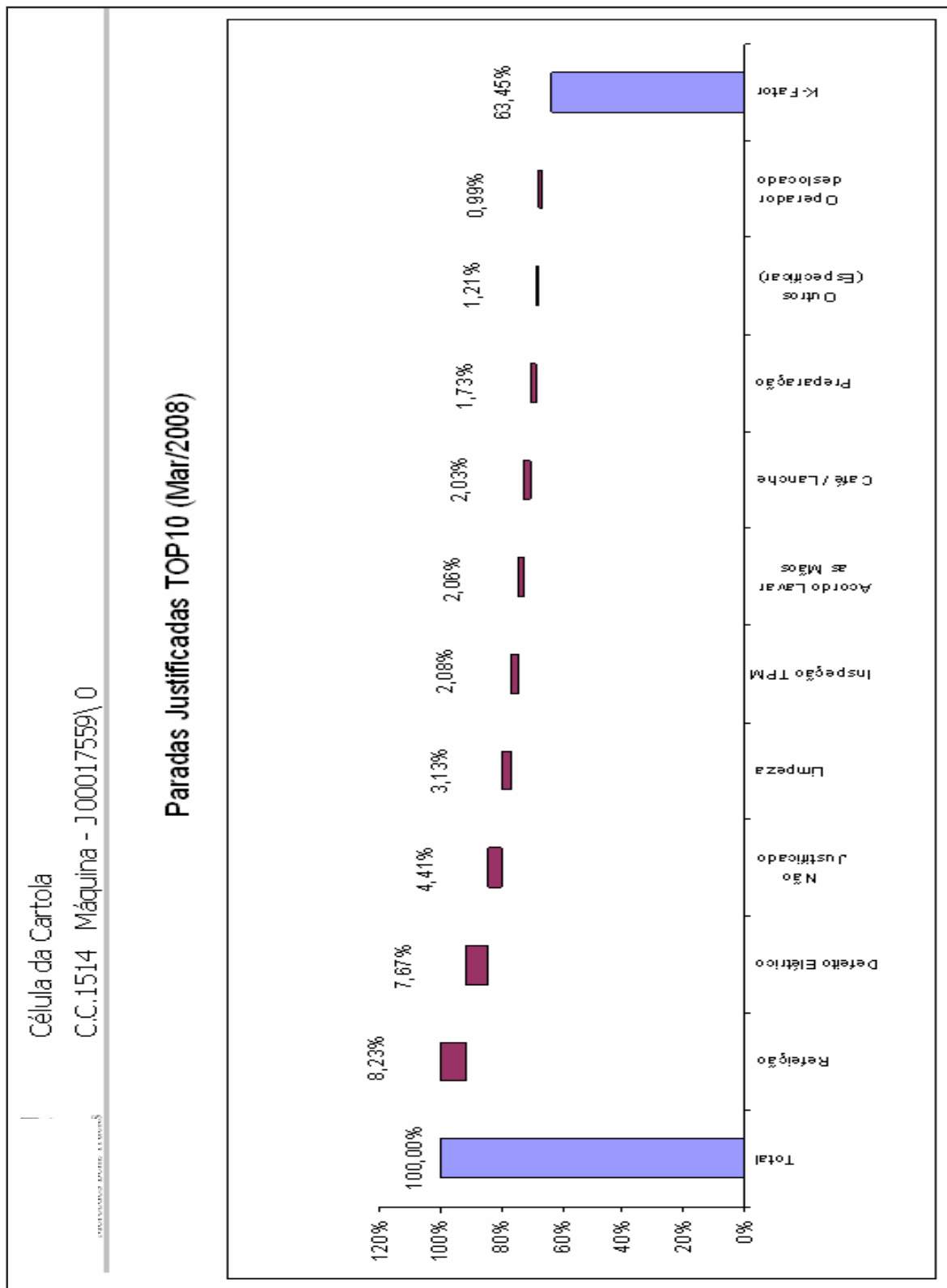


Figura 6.5 – Gráfico de Perdas Detalhadas por Célula  
Fonte: relatório da empresa estudada.

Mensalmente, acompanhou-se o desempenho de todas as células monitoradas da Tabela 6.1 através de gráficos de desempenho mostrados na Figura 6.6. Neste gráfico, visualiza-se a diferença de rendimento das células mostradas.

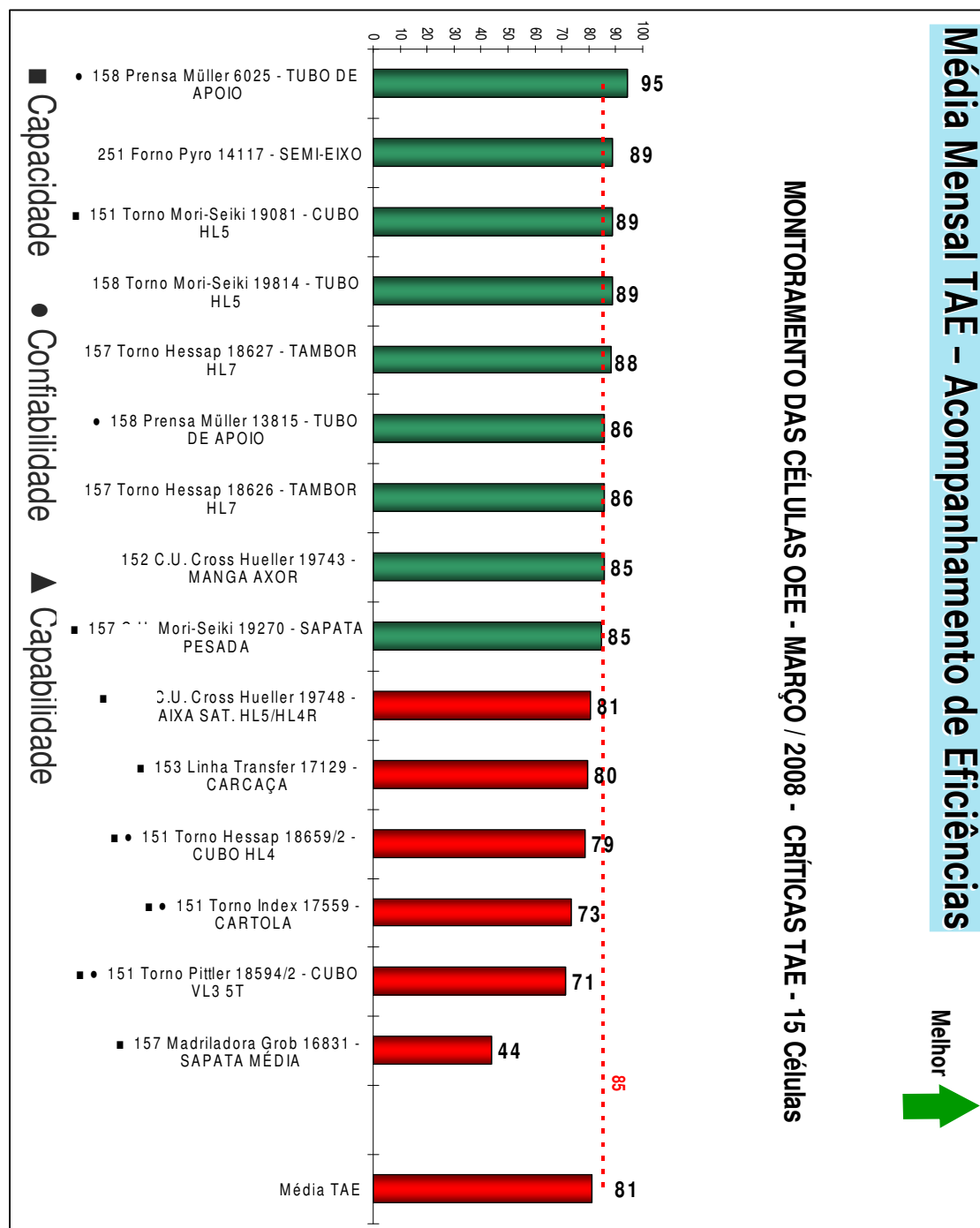


Figura 6.6 – Gráfico de Rendimento Mensal por Célula  
 Fonte: relatório da empresa estudada.

Com o acompanhamento sistemático do rendimento das células de manufatura observou-se que o acompanhamento, monitoramento e tomada de ações imediatas, melhoram o rendimento em todas as células estudadas, conforme gráficos da figura 6.7 abaixo:

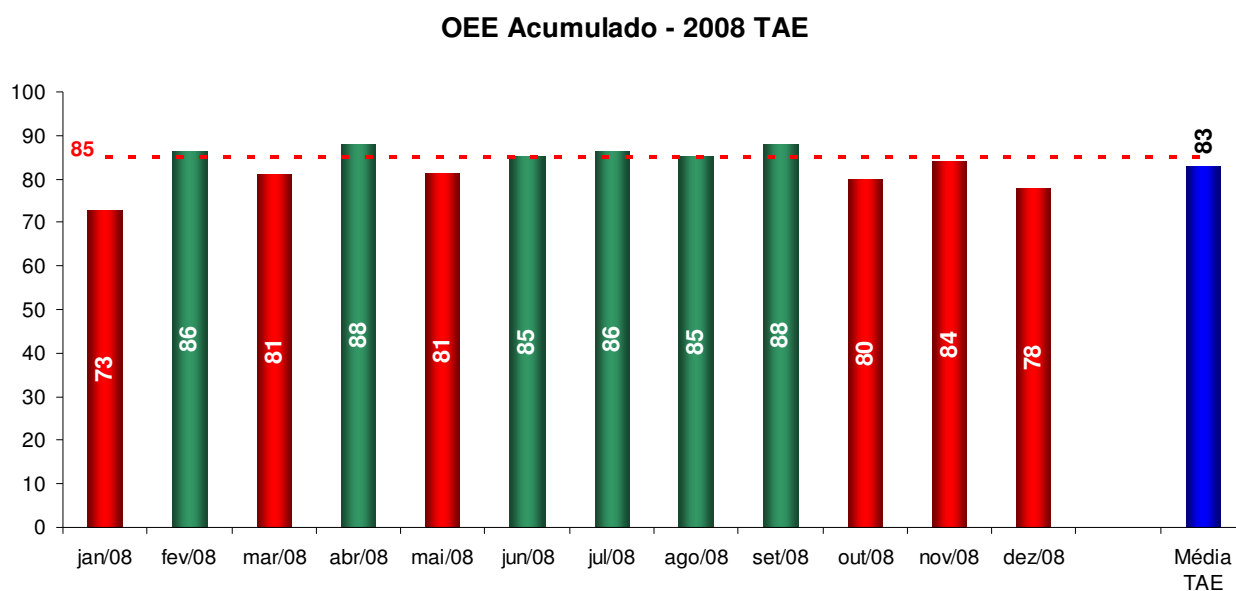
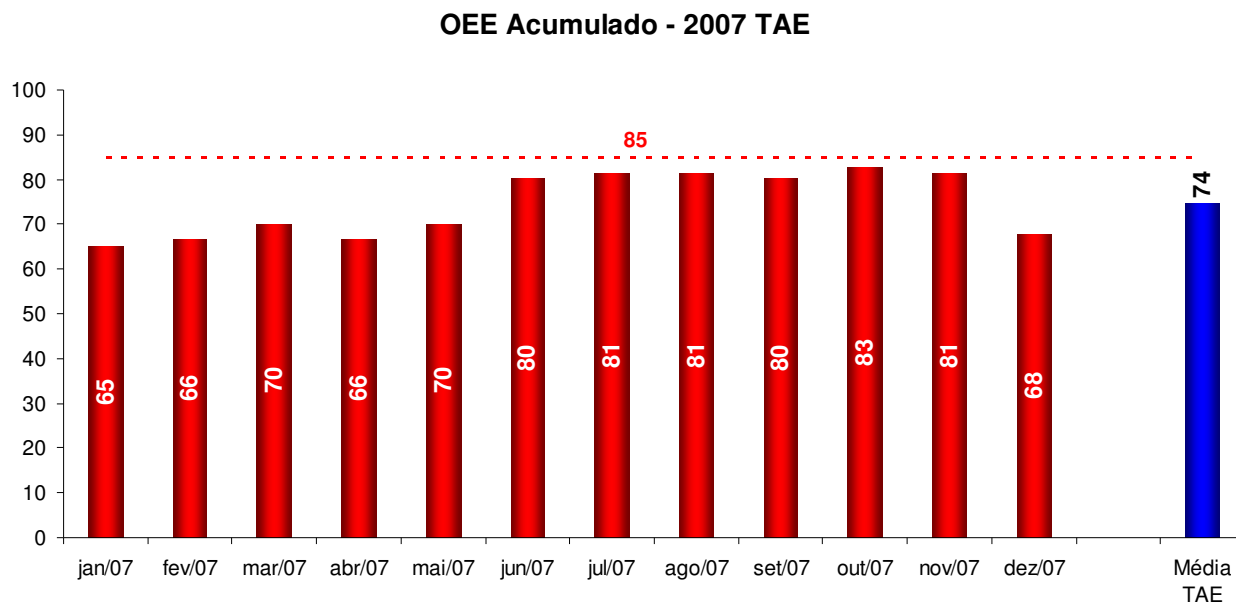


Figura 6.7 – Gráficos de Rendimento Mensal médio do departamento todo no biênio.  
Fonte: relatório da empresa estudada.

## 6.5 Descarte de Dados de Células no Estudo

Das 51 células nas quais foi implantado o O.E.E. (Tabela 6.1), 30 foram estudadas (Figura 6.2). Isso porque 21 delas não apresentaram dados confiáveis para se realizar comparações de tempos de dados inseridos. Algumas das 21 células trabalhavam em regime de dois turnos, outras em regime de três turnos, porém, em dois turnos de 9 horas e um terceiro de apenas 5 horas. As 30 células escopo deste estudo trabalharam, neste período, em três turnos de 8 horas cada.

## 6.6 Rendimento das 30 Células Estudadas no Período de 17 Meses

Nos 17 meses de estudos, extraindo os dados de rendimento diário do banco de dados Access, obteve-se a média de rendimento do período mostrada na Tabela 6.2 com objetivo de determinar o rendimento deste período por célula de manufatura.

Tabela 6.2 – Células de Manufatura com O.E.E. Médio do Período

|    | <b>Célula</b>      | <b>Tempo Disponível Bruto</b> | <b>Tempo Disponível Líquido</b> | <b>Média de Tempo Produzido</b> | <b>O.E.E. (média do período) Tempo Líquido</b> |
|----|--------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------|
| 1  | Forno              | 480                           | 415                             | 388,0                           | 93,49%                                         |
| 2  | Tubo de Apoio      | 480                           | 383                             | 356,8                           | 92,97%                                         |
| 3  | Prensa Cj. Carçaça | 480                           | 383                             | 350,1                           | 91,20%                                         |
| 4  | Tubo de Apoio      | 480                           | 383                             | 353,2                           | 90,88%                                         |
| 5  | Forno              | 480                           | 415                             | 374,5                           | 90,25%                                         |
| 6  | Cubo HL5           | 480                           | 383                             | 339,6                           | 88,40%                                         |
| 7  | Tubo de Apoio      | 480                           | 383                             | 340,0                           | 88,16%                                         |
| 8  | Prensa Cj. Carçaça | 480                           | 383                             | 337,7                           | 87,95%                                         |
| 9  | Tambor HL7         | 480                           | 383                             | 332,0                           | 86,46%                                         |
| 10 | Manga VO4          | 480                           | 383                             | 329,8                           | 84,94%                                         |
| 11 | Sapata Pesada      | 480                           | 383                             | 319,7                           | 83,34%                                         |
| 12 | Tambor HL7         | 480                           | 383                             | 319,0                           | 83,13%                                         |
| 13 | Disco Pesado       | 480                           | 383                             | 333,4                           | 82,87%                                         |
| 14 | Manga do LN        | 480                           | 383                             | 336,0                           | 82,23%                                         |
| 15 | Cavalete do Freio  | 480                           | 383                             | 311,5                           | 81,34%                                         |
| 16 | Manga VL3          | 480                           | 383                             | 338,5                           | 80,32%                                         |
| 17 | Viga VL3 6,5 T     | 555                           | 449                             | 358,9                           | 80,16%                                         |
| 18 | Cartola            | 480                           | 383                             | 300,4                           | 78,08%                                         |
| 19 | Cubo VL2/HL2       | 480                           | 383                             | 300,4                           | 78,00%                                         |
| 20 | Cubo HL7           | 480                           | 383                             | 296,0                           | 77,09%                                         |
| 21 | Caixa HL5/HL4R     | 480                           | 383                             | 288,5                           | 74,96%                                         |
| 22 | Tambor HL5/VL3     | 480                           | 383                             | 282,3                           | 73,45%                                         |
| 23 | Cubo HL4           | 480                           | 383                             | 281,7                           | 73,35%                                         |
| 24 | Cubo VL3 5T        | 480                           | 383                             | 280,2                           | 72,96%                                         |
| 25 | Carcaças Médias    | 480                           | 383                             | 279,3                           | 72,62%                                         |
| 26 | Sapata Média       | 480                           | 383                             | 279,3                           | 72,34%                                         |
| 27 | Cubo VO4/VL4       | 480                           | 383                             | 270,7                           | 70,52%                                         |
| 28 | Cubo M2000         | 480                           | 383                             | 271,7                           | 70,11%                                         |
| 29 | Tambor VL3         | 480                           | 383                             | 286,4                           | 66,96%                                         |
| 30 | Sapata Média       | 480                           | 383                             | 206,3                           | 53,86%                                         |

Fonte: autor.

Com a média do período calculada, pode-se agrupar as células de manufatura conforme seu rendimento em três grupos denominados:

- a) 10 células de Baixo Rendimento, ou seja, abaixo de 75%;
- b) 11 células de Médio Rendimento, ou seja, entre 75% e 85%;
- c) 09 células de Alto Rendimento, ou seja, acima de 85%.

Na Figura 6.8, temos os dados da Tabela 6.2 em forma de gráfico de linha, que proporciona uma melhor visualização.

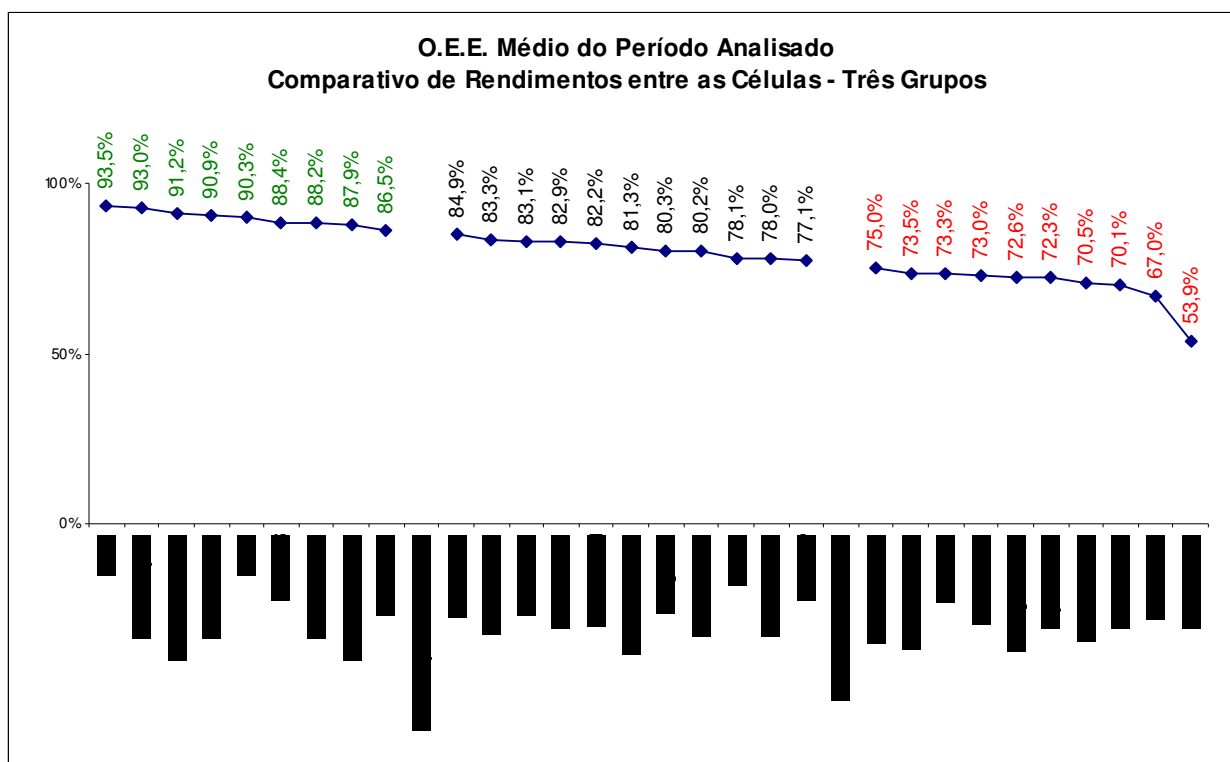


Figura 6.8 – Gráfico O.E.E. por Célula no Período Estudado

Fonte: autor.

## 6.7 Levantamento das Características das Células

Como pode haver uma diferença tão grande de rendimento em células de manufatura dentro da mesma empresa, sendo esta uma empresa de tecnologia de ponta? Para começar a responder a esta questão, iniciou-se o estudo das características de cada uma das 30 células. Como primeiro passo, foram analisadas individualmente todas as características, mostradas na Tabela 6.3, que podem existir em uma célula de manufatura.

Tabela. 6.3 – Check list das Características das Células

| Célula             | OEE    | Proc. Automático = 1<br>Proc. Manual = 0 | Trabalho grupo<br>Sim = 1 Não = 0 | Lay out celular<br>Sim = 1 Não = 0 | CNC = 1<br>Convencional = 0 | Posto multi máquina = 1<br>Posto único = 0 | Interferência<br>Ergonomica | Manutenção Preventiva<br>Sim = 1 Não = 0 | Controle estatístico CEP<br>Sim = 1 Não = 0 | Tipo de Material<br>Aço = 1 Forço = 0 | Idade até 5 anos<br>Sim = 1 Não = 0 | Idade até 10 anos<br>Sim = 1 Não = 0 | Idade entre 10 a 20<br>Sim = 1 Não = 0 | Idade entre 20 a 30<br>Sim = 1 Não = 0 | Idade acima 30 anos<br>Sim = 1 Não = 0 | Quantidade de Set-Up por<br>Semana |                                 |                                         |        |                               |                               | Tempo de Set-Up                       |        |                             |                                     |                                     |                                          | Quantidade de Pessoas que influenciam no<br>processo |   |  |  |
|--------------------|--------|------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|--------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|--------|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------|---|--|--|
|                    |        |                                          |                                   |                                    |                             |                                            |                             |                                          |                                             |                                       |                                     |                                      |                                        |                                        |                                        | 1 Set-Up<br>Sim = 1 Não = 0        | Até 5 Set-Up<br>Sim = 1 Não = 0 | Acima de 5<br>Set-Up<br>Sim = 1 Não = 0 | Não Há | Até 10 min<br>Sim = 1 Não = 0 | Até 60 min<br>Sim = 1 Não = 0 | Acima de 60<br>min<br>Sim = 1 Não = 0 | Não Há | 1 Pessoa<br>Sim = 1 Não = 0 | Até 2<br>Pessoas<br>Sim = 1 Não = 0 | Até 3<br>Pessoas<br>Sim = 1 Não = 0 | Acima de 3<br>Pessoas<br>Sim = 1 Não = 0 |                                                      |   |  |  |
| Forno              | 93,49% | 1                                        | 1                                 | 1                                  | 0                           | 1                                          | 0                           | 1                                        | 0                                           | 1                                     | 0                                   | 0                                    | 0                                      | 0                                      | 1                                      | 0                                  | 0                               | 1                                       | 0      | 1                             | 0                             | 0                                     | 0      | 0                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 0                                                    | 0 |  |  |
| Tubo de Apoio      | 92,97% | 1                                        | 1                                 | 0                                  | 1                           | 0                                          | 0                           | 0                                        | 0                                           | 1                                     | 1                                   | 0                                    | 0                                      | 0                                      | 0                                      | 0                                  | 0                               | 1                                       | 0      | 0                             | 1                             | 0                                     | 0      | 0                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 0                                                    | 0 |  |  |
| Prensa Cj. Carcaça | 91,20% | 0                                        | 1                                 | 0                                  | 0                           | 0                                          | 0                           | 0                                        | 1                                           | 0                                     | 0                                   | 0                                    | 0                                      | 0                                      | 1                                      | 0                                  | 0                               | 1                                       | 0      | 0                             | 1                             | 0                                     | 0      | 0                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 0                                                    | 0 |  |  |
| Tubo de Apoio      | 90,88% | 0                                        | 1                                 | 0                                  | 1                           | 0                                          | 0                           | 0                                        | 1                                           | 1                                     | 0                                   | 0                                    | 0                                      | 0                                      | 0                                      | 0                                  | 0                               | 0                                       | 1      | 0                             | 0                             | 1                                     | 0      | 0                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 0                                                    | 0 |  |  |
| Forno              | 90,25% | 1                                        | 1                                 | 1                                  | 0                           | 1                                          | 0                           | 1                                        | 0                                           | 1                                     | 0                                   | 0                                    | 0                                      | 0                                      | 1                                      | 0                                  | 0                               | 0                                       | 1      | 0                             | 0                             | 1                                     | 0      | 0                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 0                                                    | 0 |  |  |
| Cubo HL5           | 88,40% | 1                                        | 1                                 | 1                                  | 1                           | 1                                          | 0                           | 1                                        | 1                                           | 0                                     | 0                                   | 1                                    | 0                                      | 0                                      | 0                                      | 0                                  | 0                               | 1                                       | 0      | 0                             | 1                             | 0                                     | 1      | 0                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 0                                                    | 0 |  |  |
| Tubo de Apoio      | 88,16% | 0                                        | 1                                 | 0                                  | 1                           | 0                                          | 0                           | 0                                        | 1                                           | 1                                     | 0                                   | 0                                    | 0                                      | 0                                      | 0                                      | 0                                  | 0                               | 0                                       | 1      | 0                             | 0                             | 1                                     | 0      | 0                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 0                                                    | 0 |  |  |
| Prensa Cj. Carcaça | 87,95% | 0                                        | 1                                 | 0                                  | 0                           | 0                                          | 0                           | 0                                        | 1                                           | 0                                     | 0                                   | 0                                    | 0                                      | 0                                      | 1                                      | 0                                  | 0                               | 1                                       | 0      | 0                             | 1                             | 0                                     | 0      | 0                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 0                                                    | 0 |  |  |
| Tambor HL7         | 86,46% | 0                                        | 1                                 | 0                                  | 1                           | 0                                          | 1                           | 0                                        | 1                                           | 0                                     | 0                                   | 0                                    | 1                                      | 0                                      | 0                                      | 0                                  | 0                               | 0                                       | 1      | 0                             | 0                             | 1                                     | 0      | 0                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 0                                                    | 0 |  |  |
| Manga VO4          | 84,94% | 0                                        | 1                                 | 1                                  | 1                           | 1                                          | 0                           | 0                                        | 1                                           | 0                                     | 1                                   | 0                                    | 0                                      | 0                                      | 0                                      | 0                                  | 0                               | 1                                       | 0      | 0                             | 1                             | 0                                     | 0      | 0                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 1                                                    | 1 |  |  |
| Sapata Pesada      | 83,34% | 0                                        | 1                                 | 1                                  | 1                           | 0                                          | 1                           | 0                                        | 0                                           | 0                                     | 0                                   | 1                                    | 0                                      | 0                                      | 0                                      | 0                                  | 0                               | 0                                       | 1      | 0                             | 0                             | 0                                     | 0      | 0                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 1                                                    | 1 |  |  |
| Tambor HL7         | 83,13% | 0                                        | 1                                 | 0                                  | 1                           | 0                                          | 1                           | 0                                        | 1                                           | 0                                     | 0                                   | 0                                    | 1                                      | 0                                      | 0                                      | 0                                  | 0                               | 1                                       | 0      | 0                             | 1                             | 0                                     | 0      | 0                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 0                                                    | 0 |  |  |
| Disco Pesado       | 82,87% | 1                                        | 1                                 | 1                                  | 1                           | 1                                          | 0                           | 0                                        | 1                                           | 0                                     | 0                                   | 1                                    | 0                                      | 0                                      | 0                                      | 0                                  | 0                               | 0                                       | 1      | 0                             | 0                             | 1                                     | 0      | 1                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 0                                                    | 0 |  |  |
| Manga do LN        | 82,23% | 0                                        | 1                                 | 1                                  | 1                           | 1                                          | 0                           | 0                                        | 1                                           | 1                                     | 0                                   | 0                                    | 0                                      | 0                                      | 0                                      | 0                                  | 0                               | 0                                       | 1      | 0                             | 0                             | 0                                     | 0      | 0                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 1                                                    | 1 |  |  |
| Cavalete do Freio  | 81,34% | 0                                        | 1                                 | 1                                  | 1                           | 1                                          | 0                           | 1                                        | 0                                           | 0                                     | 1                                   | 0                                    | 0                                      | 0                                      | 0                                      | 0                                  | 0                               | 1                                       | 0      | 0                             | 0                             | 1                                     | 0      | 0                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 1                                                    | 1 |  |  |
| Manga VL3          | 80,32% | 0                                        | 1                                 | 1                                  | 0                           | 1                                          | 1                           | 0                                        | 1                                           | 0                                     | 1                                   | 0                                    | 0                                      | 1                                      | 0                                      | 0                                  | 0                               | 1                                       | 0      | 0                             | 0                             | 0                                     | 1      | 0                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 1                                                    | 1 |  |  |
| Viga VL3 6,5 T     | 80,16% | 0                                        | 1                                 | 0                                  | 1                           | 0                                          | 0                           | 0                                        | 1                                           | 1                                     | 0                                   | 0                                    | 0                                      | 0                                      | 0                                      | 0                                  | 0                               | 0                                       | 1      | 0                             | 0                             | 1                                     | 0      | 0                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 0                                                    | 0 |  |  |
| Cartola            | 78,08% | 0                                        | 1                                 | 1                                  | 1                           | 1                                          | 0                           | 0                                        | 0                                           | 0                                     | 0                                   | 1                                    | 0                                      | 0                                      | 0                                      | 0                                  | 0                               | 0                                       | 1      | 0                             | 0                             | 1                                     | 0      | 0                           | 0                                   | 0                                   | 1                                        | 0                                                    | 0 |  |  |
| Cubo VL2/HL2       | 78,00% | 0                                        | 1                                 | 1                                  | 1                           | 1                                          | 0                           | 0                                        | 1                                           | 0                                     | 0                                   | 0                                    | 1                                      | 0                                      | 0                                      | 0                                  | 0                               | 0                                       | 1      | 0                             | 0                             | 1                                     | 0      | 0                           | 1                                   | 0                                   | 0                                        | 0                                                    | 0 |  |  |
| Cubo HL7           | 77,09% | 0                                        | 1                                 | 1                                  | 1                           | 1                                          | 1                           | 0                                        | 1                                           | 0                                     | 0                                   | 0                                    | 1                                      | 0                                      | 0                                      | 0                                  | 0                               | 1                                       | 0      | 0                             | 1                             | 0                                     | 0      | 1                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 0                                                    | 0 |  |  |
| Caixa HL5/HL4R     | 74,96% | 0                                        | 1                                 | 1                                  | 1                           | 0                                          | 0                           | 0                                        | 1                                           | 1                                     | 0                                   | 0                                    | 0                                      | 0                                      | 0                                      | 0                                  | 0                               | 0                                       | 1      | 0                             | 0                             | 1                                     | 0      | 0                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 1                                                    | 1 |  |  |
| Tambor HL5/VL3     | 73,45% | 0                                        | 1                                 | 0                                  | 0                           | 0                                          | 1                           | 0                                        | 0                                           | 0                                     | 0                                   | 0                                    | 0                                      | 0                                      | 1                                      | 0                                  | 0                               | 0                                       | 0      | 0                             | 1                             | 0                                     | 0      | 0                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 1                                                    | 1 |  |  |
| Cubo HL4           | 73,35% | 0                                        | 1                                 | 1                                  | 1                           | 1                                          | 0                           | 0                                        | 1                                           | 0                                     | 0                                   | 0                                    | 1                                      | 0                                      | 0                                      | 0                                  | 0                               | 1                                       | 0      | 0                             | 1                             | 0                                     | 0      | 1                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 0                                                    | 0 |  |  |
| Cubo VL3 5T        | 72,96% | 0                                        | 1                                 | 1                                  | 1                           | 1                                          | 1                           | 0                                        | 0                                           | 0                                     | 0                                   | 0                                    | 1                                      | 0                                      | 0                                      | 0                                  | 0                               | 1                                       | 0      | 0                             | 1                             | 0                                     | 0      | 0                           | 1                                   | 0                                   | 0                                        | 0                                                    | 0 |  |  |
| Carcaças Médias    | 72,62% | 0                                        | 1                                 | 1                                  | 0                           | 0                                          | 1                           | 1                                        | 0                                           | 0                                     | 0                                   | 0                                    | 0                                      | 0                                      | 1                                      | 0                                  | 0                               | 0                                       | 1      | 0                             | 0                             | 1                                     | 0      | 0                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 1                                                    | 1 |  |  |
| Sapata Média       | 72,34% | 0                                        | 1                                 | 1                                  | 0                           | 0                                          | 1                           | 0                                        | 0                                           | 0                                     | 0                                   | 0                                    | 0                                      | 0                                      | 1                                      | 0                                  | 0                               | 0                                       | 1      | 0                             | 0                             | 0                                     | 1      | 0                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 1                                                    | 1 |  |  |
| Cubo VO4/VL4       | 70,52% | 0                                        | 1                                 | 1                                  | 1                           | 1                                          | 0                           | 0                                        | 1                                           | 0                                     | 0                                   | 0                                    | 1                                      | 0                                      | 0                                      | 0                                  | 0                               | 0                                       | 1      | 0                             | 0                             | 0                                     | 0      | 0                           | 1                                   | 0                                   | 0                                        | 0                                                    | 0 |  |  |
| Cubo M2000         | 70,11% | 0                                        | 1                                 | 1                                  | 1                           | 1                                          | 1                           | 0                                        | 1                                           | 0                                     | 1                                   | 0                                    | 0                                      | 0                                      | 0                                      | 0                                  | 0                               | 0                                       | 1      | 0                             | 0                             | 1                                     | 0      | 0                           | 1                                   | 0                                   | 0                                        | 0                                                    | 0 |  |  |
| Tambor VL3         | 66,96% | 0                                        | 1                                 | 0                                  | 1                           | 0                                          | 1                           | 0                                        | 0                                           | 0                                     | 0                                   | 0                                    | 0                                      | 0                                      | 1                                      | 0                                  | 1                               | 0                                       | 0      | 0                             | 0                             | 0                                     | 0      | 0                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 1                                                    | 1 |  |  |
| Sapata Média       | 53,86% | 0                                        | 1                                 | 1                                  | 0                           | 0                                          | 1                           | 0                                        | 0                                           | 0                                     | 0                                   | 0                                    | 0                                      | 0                                      | 1                                      | 0                                  | 0                               | 0                                       | 1      | 0                             | 0                             | 0                                     | 0      | 0                           | 0                                   | 0                                   | 0                                        | 1                                                    | 1 |  |  |

Fonte: autor.

Foram analisadas 32 características em comum nas 30 células observadas:

- a) Processo de alimentação é automático ou manual;
- b) Possui Trabalho em Grupo;
- c) Possui *layout* celular;
- d) A máquina gargalo tem o comando CNC;
- e) Posto na máquina gargalo é multimáquina ou singelo, ou seja, o operador da máquina gargalo trabalha somente nela ou opera mais máquinas;
- f) Possui interferência ergonômica, ou seja, o trabalho realizado na máquina gargalo tem alguma condição que desfavorece a ergonomia;
- g) Faz manutenção preventiva conforme necessidade;
- h) Possui controle estatístico de processo (CEP);
- i) Tipo de material usinado – aço ou ferro fundido;
- j) Idade da máquina gargalo dividida em 05, 10, 20, 30 ou acima de 30 anos;
- k) Quantidade de produtos que passam na célula;
- l) Peso dos produtos;
- m) Quantidade de *setup* semanal;
- n) Tempo médio gasto em cada *setup*;
- o) Quantidade de operadores que trabalham na célula.

## 6.8 Levantamento das Características que Influenciam no Rendimento das Células

Com o mapeamento das características individuais de cada uma das células, iniciou-se o estudo de caracterização delas, criando-se uma tabela (Tabela 6.4) na qual se verifica se a característica existe ou não em cada célula estudada. Depois, cada característica foi quantificada em percentual por grupo de rendimento (baixo, médio ou alto).

O Quadro 6.3 mostra uma parte na qual é sintetizado o percentual de cada característica em cada grupo de células. Pode-se observar neste quadro também que o processo automático está

presente em 33,3% das células de alto rendimento, em 9,1% das células de médio rendimento e em 0% das células de baixo rendimento.

Tabela 6.4 – Levantamento das Características por Célula

| Célula             | O.E.E. | Proc. Automático = 1<br>Proc. Manual = 0 | Trabalho Grupo<br>Sim = 1 Não = 0 | Layout Celular<br>Sim = 1 Não = 0 | CNC = 1<br>Convencional = 0 | Posto Multimáquina = 1<br>Posto Único = 0 | Interferência<br>Ergonômica<br>Sim = 1 Não = 0 | Manutenção Preventiva<br>Sim = 1 Não = 0 | Controle Estatístico CEP<br>Sim = 1 Não = 0 | Tipo de Material<br>Aço = 1 FoFo = 0 |
|--------------------|--------|------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| Forno              | 93,49% | 1                                        | 1                                 | 1                                 | 0                           | 1                                         | 0                                              | 1                                        | 0                                           | 1                                    |
| Tubo de Apoio      | 92,97% | 0                                        | 1                                 | 0                                 | 1                           | 0                                         | 0                                              | 0                                        | 0                                           | 1                                    |
| Prensa Cj. Carcaça | 91,20% | 0                                        | 1                                 | 0                                 | 0                           | 0                                         | 0                                              | 0                                        | 0                                           | 1                                    |
| Tubo de Apoio      | 90,88% | 0                                        | 1                                 | 0                                 | 1                           | 0                                         | 0                                              | 0                                        | 0                                           | 1                                    |
| Forno              | 90,25% | 1                                        | 1                                 | 1                                 | 0                           | 1                                         | 0                                              | 1                                        | 0                                           | 1                                    |
| Cubo HL5           | 88,40% | 1                                        | 1                                 | 1                                 | 1                           | 1                                         | 0                                              | 1                                        | 1                                           | 0                                    |
| Tubo de Apoio      | 88,16% | 0                                        | 1                                 | 0                                 | 1                           | 0                                         | 0                                              | 0                                        | 0                                           | 1                                    |
| Prensa Cj. Carcaça | 87,95% | 0                                        | 1                                 | 0                                 | 0                           | 0                                         | 0                                              | 0                                        | 0                                           | 1                                    |
| Tambor HL7         | 86,46% | 0                                        | 1                                 | 0                                 | 1                           | 0                                         | 1                                              | 0                                        | 1                                           | 0                                    |
| Manga VO4          | 84,94% | 0                                        | 1                                 | 1                                 | 1                           | 1                                         | 0                                              | 0                                        | 0                                           | 1                                    |
| Sapata Pesada      | 83,34% | 0                                        | 1                                 | 1                                 | 1                           | 0                                         | 1                                              | 0                                        | 0                                           | 0                                    |
| Tambor HL7         | 83,13% | 0                                        | 1                                 | 0                                 | 1                           | 0                                         | 1                                              | 0                                        | 1                                           | 0                                    |
| Disco Pesado       | 82,87% | 1                                        | 1                                 | 1                                 | 1                           | 1                                         | 0                                              | 0                                        | 1                                           | 0                                    |
| Manga do LN        | 82,23% | 0                                        | 1                                 | 1                                 | 1                           | 1                                         | 0                                              | 0                                        | 1                                           | 1                                    |
| Cavalete do Freio  | 81,34% | 0                                        | 1                                 | 1                                 | 1                           | 1                                         | 0                                              | 1                                        | 0                                           | 0                                    |
| Manga VL3          | 80,32% | 0                                        | 1                                 | 1                                 | 0                           | 1                                         | 1                                              | 0                                        | 0                                           | 1                                    |
| Viga VL3 6,5 T     | 80,16% | 0                                        | 1                                 | 0                                 | 1                           | 0                                         | 0                                              | 0                                        | 0                                           | 1                                    |
| Cartola            | 78,08% | 0                                        | 1                                 | 1                                 | 1                           | 1                                         | 0                                              | 0                                        | 0                                           | 0                                    |
| Cubo VL2/HL2       | 78,00% | 0                                        | 1                                 | 1                                 | 1                           | 1                                         | 0                                              | 0                                        | 1                                           | 0                                    |
| Cubo HL7           | 77,09% | 0                                        | 1                                 | 1                                 | 1                           | 1                                         | 1                                              | 0                                        | 1                                           | 0                                    |
| Caixa HL5/HL4R     | 74,96% | 0                                        | 1                                 | 1                                 | 1                           | 0                                         | 0                                              | 0                                        | 0                                           | 1                                    |
| Tambor HL5/VL3     | 73,45% | 0                                        | 1                                 | 0                                 | 0                           | 0                                         | 1                                              | 0                                        | 0                                           | 0                                    |
| Cubo HL4           | 73,35% | 0                                        | 1                                 | 1                                 | 1                           | 1                                         | 0                                              | 0                                        | 1                                           | 0                                    |
| Cubo VL3 5T        | 72,96% | 0                                        | 1                                 | 1                                 | 1                           | 1                                         | 1                                              | 0                                        | 0                                           | 0                                    |
| Carcaças Médias    | 72,62% | 0                                        | 1                                 | 1                                 | 0                           | 0                                         | 1                                              | 1                                        | 0                                           | 0                                    |
| Sapata Média       | 72,34% | 0                                        | 1                                 | 1                                 | 0                           | 0                                         | 1                                              | 0                                        | 0                                           | 0                                    |
| Cubo VO4/VL4       | 70,52% | 0                                        | 1                                 | 1                                 | 1                           | 1                                         | 0                                              | 0                                        | 1                                           | 0                                    |
| Cubo M2000         | 70,11% | 0                                        | 1                                 | 1                                 | 1                           | 1                                         | 1                                              | 0                                        | 1                                           | 0                                    |
| Tambor VL3         | 66,96% | 0                                        | 1                                 | 0                                 | 1                           | 0                                         | 1                                              | 0                                        | 0                                           | 0                                    |
| Sapata Média       | 53,86% | 0                                        | 1                                 | 1                                 | 0                           | 0                                         | 1                                              | 0                                        | 0                                           | 0                                    |

Fonte: autor.

Com os dados do Quadro 6.3, pode-se fazer um gráfico (Figura 6.9) que mostra em percentual a presença de cada característica dividida por grupo de célula conforme rendimento.

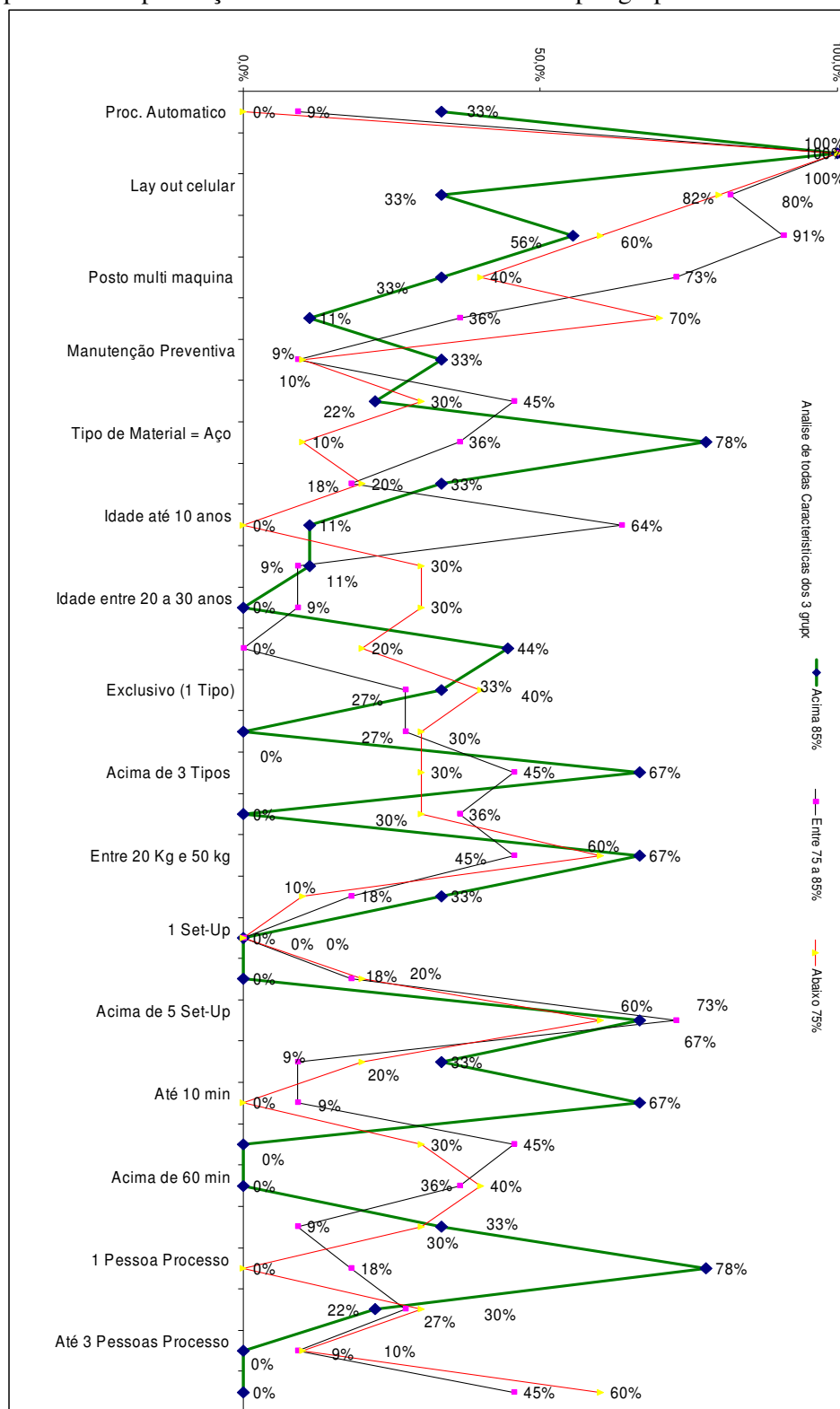


Figura 6.9 – Gráfico Demonstrativo do Percentual de Todas as Características Existentes nas Células  
Fonte: autor.

Analisando-se o gráfico da Figura acima (6.8), observa-se que algumas das características não influenciam no rendimento das células, pois estão presentes em dois ou nos três grupos. Estas características podem ser desconsideradas. São elas:

- a) Possui Trabalho em Grupo;
- b) Possui controle estatístico de processo (CEP);
- c) Quantidade de produtos que passam na célula;
- d) Peso dos produtos.

Iniciou-se, então, o estudo das 16 características que mais influenciam no rendimento do processo de manufatura das células, a saber:

- a) Processo de alimentação é automático ou manual;
- b) Possui *layout* celular;
- c) A máquina gargalo é CNC;
- d) Posto na máquina gargalo é multimáquina ou singelo;
- e) Possui interferência ergonômica;
- f) Faz manutenção preventiva;
- g) Tipo de material usinado – aço ou ferro fundido;
- h) Idade da máquina gargalo até cinco anos;
- i) Tempo médio gasto em cada *setup*;
- j) Quantidade de operadores que trabalham na célula.

Formaram-se, então, três grupos de células de manufatura com a seguinte distribuição:

- a) Grupo Alto Rendimento = composto por 09 células com rendimento maior ou igual a 85%;
- b) Grupo Médio Rendimento = composto por 11 máquinas com rendimento entre 75% e 85%;
- c) Grupo Baixo Rendimento = composto por 10 máquinas com rendimento menor ou igual a

75%.

Descartando as características que não influenciam no rendimento das células, tem-se um novo gráfico (Figura 6.10) no qual se pode observar a existência de uma grande diferença em cada característica por grupo de célula conforme seu rendimento.

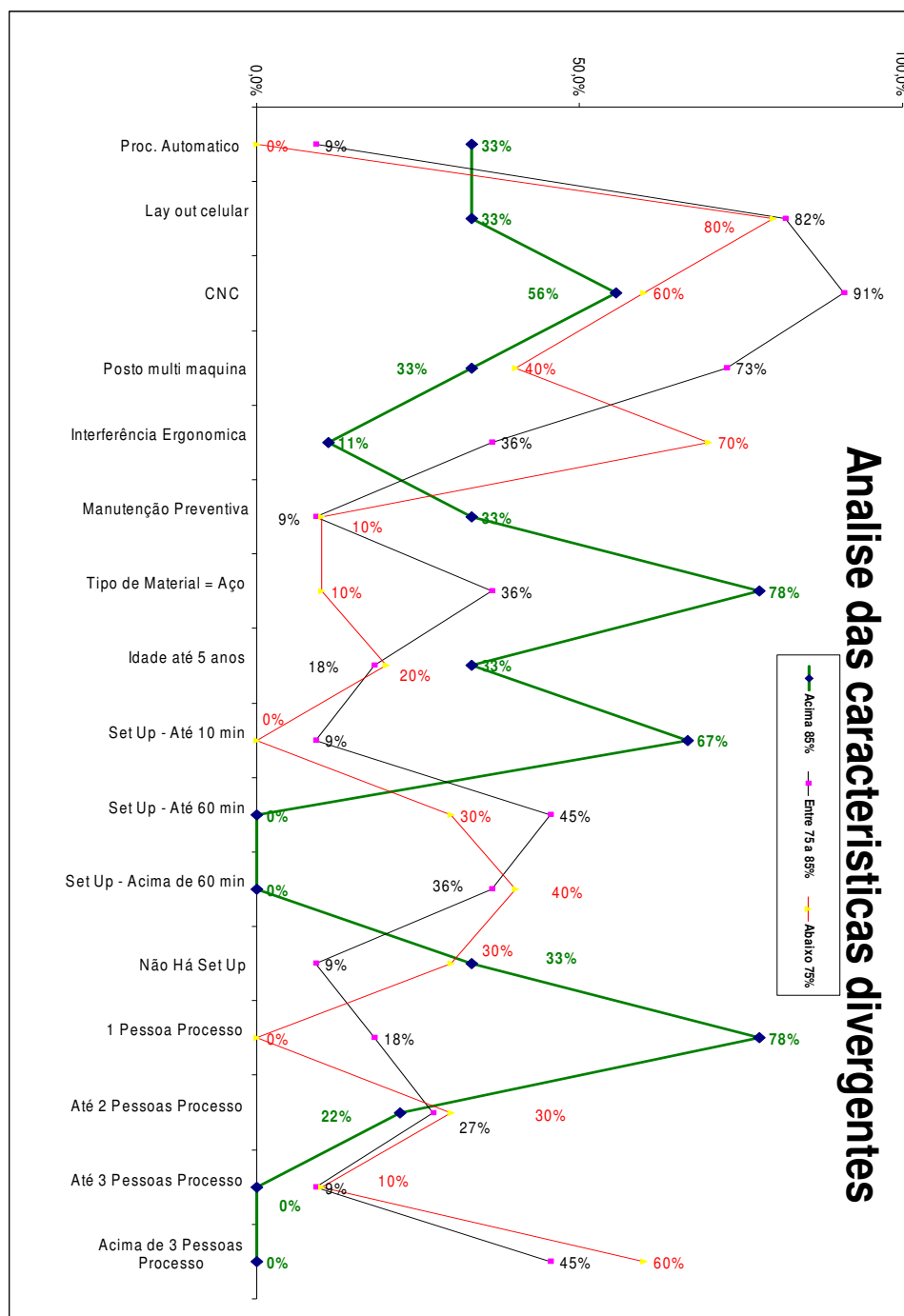


Figura 6.10 – Gráfico Demonstrativo do Percentual de Influência das Características Relevantes Existentes nas Células

Fonte: autor.

A seguir, no Quadro Resumo 6.3, pode-se verificar numericamente a distribuição em percentual das 16 características que mais influenciam no processo de manufatura nos três grupos de células (baixo, médio e alto rendimento).

Quadro 6.3 – Resumo do Percentual da Presença das 16 Características por Célula

| <b>Características Presentes nos Grupos de Células Estudadas</b> |                             |                                          |                                          |                                         |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|
|                                                                  |                             | <b>Excel - 3 Grupos</b>                  |                                          |                                         |
|                                                                  | <b>Características SIM</b>  | <b>Baixo Rendimento<br/>(10 células)</b> | <b>Médio Rendimento<br/>(11 células)</b> | <b>Alto Rendimento<br/>(09 células)</b> |
| 1                                                                | Proc. Automático            | 0%                                       | 9%                                       | 33%                                     |
| 2                                                                | Layout Celular              | 0%                                       | 82%                                      | 33%                                     |
| 3                                                                | CNC                         | 60%                                      | 91%                                      | 56%                                     |
| 4                                                                | Posto Multimáquina          | 40%                                      | 73%                                      | 33%                                     |
| 5                                                                | Interferência Ergonômica    | 70%                                      | 33%                                      | 11%                                     |
| 6                                                                | Manutenção Preventiva       | 10%                                      | 9%                                       | 33%                                     |
| 7                                                                | Tipo de Material = Aço      | 10%                                      | 36%                                      | 78%                                     |
| 8                                                                | Idade até 5 Anos            | 20%                                      | 18%                                      | 33%                                     |
| 9                                                                | Set Up - Até 10 min         | 0%                                       | 9%                                       | 67%                                     |
| 10                                                               | Set Up - Até 60 min         | 30%                                      | 45%                                      | 0%                                      |
| 11                                                               | Set Up – Acima de 60 min    | 40%                                      | 36%                                      | 0%                                      |
| 12                                                               | Não Há Set Up               | 30%                                      | 9%                                       | 33%                                     |
| 13                                                               | 1 Pessoa Processo           | 0%                                       | 18%                                      | 78%                                     |
| 14                                                               | Até 2 Pessoas Processo      | 30%                                      | 27%                                      | 22%                                     |
| 15                                                               | Até 3 Pessoas Processo      | 10%                                      | 9%                                       | 0%                                      |
| 16                                                               | Acima de 3 Pessoas Processo | 60%                                      | 45%                                      | 0%                                      |

Fonte: autor.

## 6.9 Análises Estatísticas de Dados

A técnica estatística empregada na análise de dados será a Análise de Correspondência, uma metodologia não-paramétrica. A Análise de Correspondência é um dos métodos estatísticos da Análise Multivariada de Dados. Segundo Hair et al. (2005), a Análise Multivariada de Dados refere-se a todos os métodos estatísticos que, simultaneamente, analisam múltiplas medidas sobre cada indivíduo ou objeto sob investigação.

Este método é aplicado para grandes tabelas cruzadas ou tabelas de contingência, isto é, aplicado basicamente para variáveis discretas. Também pode ser aplicado para variáveis contínuas, segundo Souza (1982), desde que estejam codificadas de maneira apropriada. É utilizado geralmente quando há interesse em estudar as relações existentes entre os conjuntos de variáveis que estão sendo cruzados. Após fazer a análise, se houver relação entre os elementos de

diferentes conjuntos de variáveis, pode-se dizer que estes conjuntos estão em correspondência. A Análise de Correspondência que envolve dois conjuntos de variáveis cruzadas é denominada Análise de Correspondência Binária, já, no caso de haver mais de dois conjuntos de variáveis cruzadas, denomina-se Análise de Correspondência Múltipla.

A Análise de Correspondência apresentou-se uma técnica de interdependência desenvolvida recentemente que facilita a redução dimensional da classificação de objetos (produtos, pessoas, etc.) em um conjunto de atributos, facilitando também o mapeamento perceptual de objetos relativo a esses atributos. Ela difere das outras técnicas de interdependências em sua habilidade para acomodar tanto dados não-paramétricos quanto relações não-lineares. Fornece ainda uma representação multivariada (HAIR et al., 2005) de interdependência para dados não-métricos que não é possível com outros métodos.

Este método de Análise de Correspondência é um algoritmo de redução de dados cuja técnica é aplicada a cada conjunto de variáveis com o objetivo final de obter a melhor representação simultânea de dois ou mais conjuntos de variáveis por meio de gráficos. Após a verificação da dependência entre as linhas e as colunas da tabela, o método fornece, por meio de gráficos, uma representação simultânea dos dois conjuntos de variáveis constituídos pelas linhas e colunas da tabela. Nestes gráficos, aparecem nuvens de pontos-linhas e nuvens de pontos-colunas nos planos de projeção formados pelos primeiros eixos fatoriais tomados dois a dois (SOUZA, 1982).

Os pesquisadores são constantemente defrontados com a necessidade de “quantificar os dados qualitativos” encontrados em variáveis nominais. A Análise de Correspondência difere das outras técnicas de interdependências em sua habilidade para acomodar tanto dados não-paramétricos quanto relações não-lineares.

Em sua forma mais básica, a Análise de Correspondência emprega uma tabela de contingência, que é a tabulação cruzada de duas variáveis categóricas. Ela transforma, então, os dados não-métricos em um nível métrico e faz redução dimensional (análoga à análise fatorial) e mapeamento percentual (semelhante à análise multidimensional). Por exemplo, as preferências de respondentes a marcas podem ser tabuladas no cruzamento com variáveis demográficas (sexo, categorias de renda, ocupação, etc.), indicando quantas pessoas preferem cada marca e em quais categorias das variáveis demográficas recaem.

Por meio de Análise de Correspondência, a associação ou “correspondência” de marcas e

diferentes características daqueles que preferem cada marca é então mostrada em um mapa bi ou tridimensional de marcas e características dos respondentes. Marcas que são percebidas como semelhantes são colocadas próximas umas das outras. Do mesmo modo, as características mais eminentes de respondentes que preferem cada marca também são determinadas pela proximidade das categorias de variáveis demográficas às posições das marcas. A Análise de Correspondência fornece uma representação multivariada (HAIR, 2005) de interdependência para dados não-métricos que não é possível com outros métodos.

Como instrumento de pesquisa, utilizou-se o banco de dados Access do O.E.E. da empresa estudada. Seus números foram processados com o auxílio de programas, como o Excel e o SPSS 11.0 (para a obtenção dos parâmetros da estatística descritiva dos dados) e o SPAD 3.6 – *Système Portable pour l'Analyse des Données* (para a realização do procedimento não-paramétrico da Análise de Correspondência Multivariada). Aplicando o SPAD 3.6 na Tabela 7.16, pode-se estudar as influências que cada uma das 16 características tem sobre as células de manufatura e agrupá-las.

#### **6.10 Agrupamento de Três Classes de Células segundo SPAD 3.6**

A primeira proposta do Programa foi uma distribuição das células em três classes, levando em conta as características que mais influenciam versus a que menos influenciam nesta classe.

- a) Classe 1/3 – Formada por 13 células;
- b) Classe 2/3 – Formada por 08 células;
- c) Classe 3/3 – Formada por 09 células.

A Tabela 6.5 mostra uma tabela detalhada por célula, no Excel, do agrupamento de três classes de células que o Programa realizou:

Tabela 6.5 – Grupo de Três Classes de Células conforme suas Características

| Grupo de Três Classes de Células conforme suas Características |        |                      |        |                       |        |
|----------------------------------------------------------------|--------|----------------------|--------|-----------------------|--------|
| Classe 1/3                                                     | O.E.E. | Classe 2/3           | O.E.E. | Classe 3/3            | O.E.E. |
| 30-Forno                                                       | 93,49% | 25-Cavalete do Freio | 81,34% | 36-Tubo de Apoio      | 88,16% |
| 35-Cubo HL5                                                    | 88,40% | 19-Sapata Média      | 53,86% | 37-Prensa Cj. Carcaça | 87,95% |
| 34-Forno                                                       | 90,25% | 14-Carcaças Médias   | 72,62% | 38-Tambor HL7         | 86,46% |
| 23-Disco Pesado                                                | 82,87% | 15-Sapata Média      | 72,34% | 31-Tubo de Apoio      | 92,97% |
| 16-Cubo VO4/VL4                                                | 70,52% | 26-Manga VL3         | 80,32% | 32-Prensa Cj. Carcaça | 91,20% |
| 12-Cubo HL4                                                    | 73,35% | 21-Sapata Pesada     | 83,34% | 33-Tubo de Apoio      | 90,88% |
| 29-Cubo VL2/HL2                                                | 78,00% | 10-Caixa HL5/HL4R    | 74,96% | 22-Tambor HL7         | 83,13% |
| 200-Cubo HL7                                                   | 77,09% | 11-Tambor HL5/VL3    | 73,45% | 27-Viga VL3 6,5 T     | 80,16% |
| 20-Manga VO4                                                   | 84,94% | 18-Tambor VL3        | 66,96% |                       |        |
| 17-Cubo M2000                                                  | 70,11% |                      |        |                       |        |
| 24-Manga do LN                                                 | 82,23% |                      |        |                       |        |
| 13-Cubo VL3 5T                                                 | 72,96% |                      |        |                       |        |
| 28-Cartola                                                     | 78,08% |                      |        |                       |        |

Fonte: dados da empresa trabalhados pelo autor.

A Figura 6.11 demonstra graficamente o resultado da Tabela do Resultado do Agrupamento de Três Classes de Células que o Programa realizou:

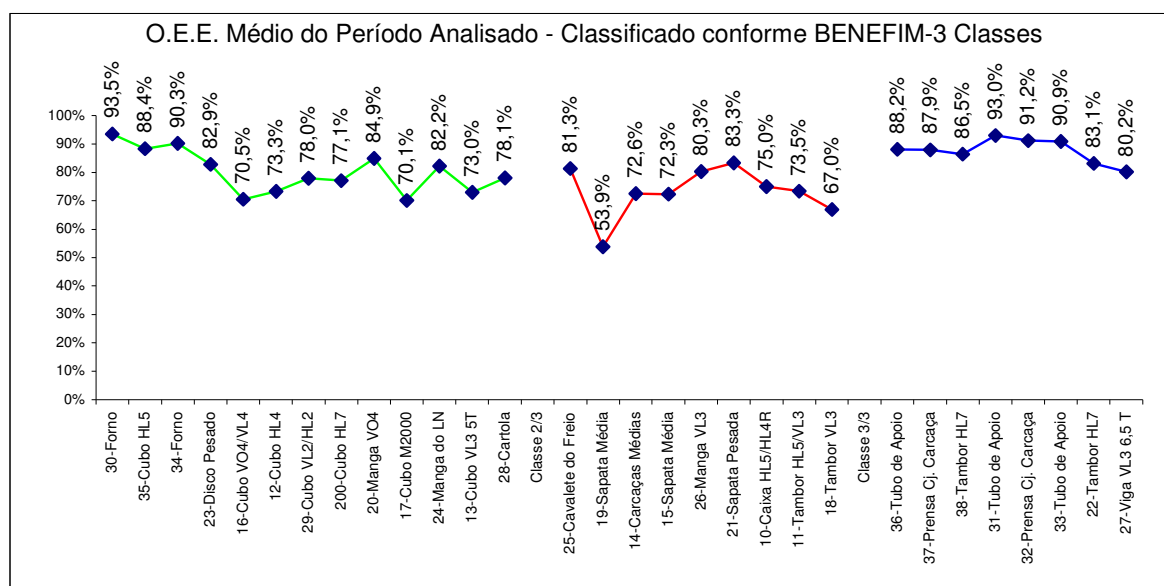


Figura 6.11 – Gráfico O.E.E. das Células Divididas em Três Classes

Fonte: autor.

Também foi emitido um relatório, mostrado na Figura 6.12, pelo qual se observam as características que estão mais presentes em cada grupo.

| CARACTERISATION PAR LES MODALITES DES CLASSES OU MODALITES |       |                        |         |        |                  |               |
|------------------------------------------------------------|-------|------------------------|---------|--------|------------------|---------------|
| DE COUPURE 'a' DE L'ARBRE EN 3 CLASSES                     |       |                        |         |        |                  |               |
| CLASSE 1 / 3                                               |       |                        |         |        |                  |               |
| -----                                                      |       |                        |         |        |                  |               |
| V.TEST                                                     | PROBA | ---- POURCENTAGES ---- |         |        | MODALITES        |               |
| IDEN                                                       | POIDS | CLA/MOD                | MOD/CLA | GLOBAL | CARACTERISTIQUES | DES VARIABLES |
| -----                                                      |       |                        |         |        |                  |               |
|                                                            |       |                        |         | 43.33  | CLASSE 1 / 3     |               |
| aa1a                                                       | 13    |                        |         |        |                  |               |
| 4.78                                                       | 0.000 | 86.67                  | 100.00  | 50.00  | 2                | MULT          |
| MUL2                                                       | 15    |                        |         |        |                  |               |
| 3.51                                                       | 0.000 | 100.00                 | 61.54   | 26.67  | 2                | PES2          |
| PES2                                                       | 8     |                        |         |        |                  |               |
| 3.51                                                       | 0.000 | 100.00                 | 61.54   | 26.67  | 2                | SET60         |
| SET2                                                       | 8     |                        |         |        |                  |               |
| 3.22                                                       | 0.001 | 65.00                  | 100.00  | 66.67  | 2                | LAY           |
| LAY2                                                       | 20    |                        |         |        |                  |               |
| 2.34                                                       | 0.010 | 56.52                  | 100.00  | 76.67  | 1                | SET10         |
| SET1                                                       | 23    |                        |         |        |                  |               |
| -----                                                      |       |                        |         |        |                  |               |
| CLASSE 2 / 3                                               |       |                        |         |        |                  |               |
| -----                                                      |       |                        |         |        |                  |               |
| V.TEST                                                     | PROBA | ---- POURCENTAGES ---- |         |        | MODALITES        |               |
| IDEN                                                       | POIDS | CLA/MOD                | MOD/CLA | GLOBAL | CARACTERISTIQUES | DES VARIABLES |
| -----                                                      |       |                        |         |        |                  |               |
|                                                            |       |                        |         | 30.00  | CLASSE 2 / 3     |               |
| aa2a                                                       | 9     |                        |         |        |                  |               |
| 4.47                                                       | 0.000 | 81.82                  | 100.00  | 36.67  | 2                | PES4          |
| PES2                                                       | 11    |                        |         |        |                  |               |
| 2.73                                                       | 0.003 | 75.00                  | 66.67   | 26.67  | 2                | DET61         |
| DET2                                                       | 8     |                        |         |        |                  |               |
| 2.36                                                       | 0.009 | 58.33                  | 77.78   | 40.00  | 2                | ERG           |
| ERG2                                                       | 12    |                        |         |        |                  |               |
| -----                                                      |       |                        |         |        |                  |               |
| CLASSE 3 / 3                                               |       |                        |         |        |                  |               |
| -----                                                      |       |                        |         |        |                  |               |
| V.TEST                                                     | PROBA | ---- POURCENTAGES ---- |         |        | MODALITES        |               |
| IDEN                                                       | POIDS | CLA/MOD                | MOD/CLA | GLOBAL | CARACTERISTIQUES | DES VARIABLES |
| -----                                                      |       |                        |         |        |                  |               |
|                                                            |       |                        |         | 26.67  | CLASSE 3 / 3     |               |
| aa3a                                                       | 8     |                        |         |        |                  |               |
| 4.67                                                       | 0.000 | 88.89                  | 100.00  | 30.00  | 2                | PES1          |
| PES2                                                       | 9     |                        |         |        |                  |               |
| 4.47                                                       | 0.000 | 100.00                 | 87.50   | 23.33  | 2                | SET10         |
| SET2                                                       | 7     |                        |         |        |                  |               |
| 4.32                                                       | 0.000 | 80.00                  | 100.00  | 33.33  | 1                | LAY           |
| LAY1                                                       | 10    |                        |         |        |                  |               |
| 3.06                                                       | 0.001 | 53.33                  | 100.00  | 50.00  | 1                | MULT          |
| MUL1                                                       | 15    |                        |         |        |                  |               |
| -----                                                      |       |                        |         |        |                  |               |

Figura 6.12 – Relatório das Características das Três Classes

Fonte: autor.

Analisando o relatório, chegam-se às seguintes conclusões sobre cada grupo:

a) Classe 1/3:

Das 13 células que compõem este grupo, 06 estão com médio rendimento. Todas possuem três características em comum:

1) Posto de trabalho ""multimáquina"", ou seja, um operador trabalha em duas ou mais máquinas.

2) Dois operadores que interferem na produção, ou seja, a célula é composta por dois

funcionários.

3) *Setup* médio com tempo de 60 minutos de duração.

b) Classe 2/3:

Das 09 células que compõem este grupo, 06 estão com baixo rendimento. Todas possuem três características em comum:

- 1) Quatro operadores ou mais que interferem na produção, ou seja, a célula é composta por vários funcionários.
- 2) *Setup* médio com tempo acima de 60 minutos de duração.
- 3) Têm interferências ergonômicas.

c) Classe 3/3:

Das 08 células que compõem este grupo, 06 estão com alto rendimento e 02 com médio rendimento, porém, próximas a 85% e nenhuma com baixo rendimento. Todas possuem três características em comum:

- 1) Apenas um operador que interfere na produção, ou seja, a célula é composta por um único funcionário.
- 2) *Setup* médio com tempo abaixo de 10 minutos de duração.
- 3) Não têm *layout* celular.

O Programa também emite um gráfico com o agrupamento das células em classes. A Figura 6.13 mostra o gráfico da dispersão das células emitido pelo Programa.

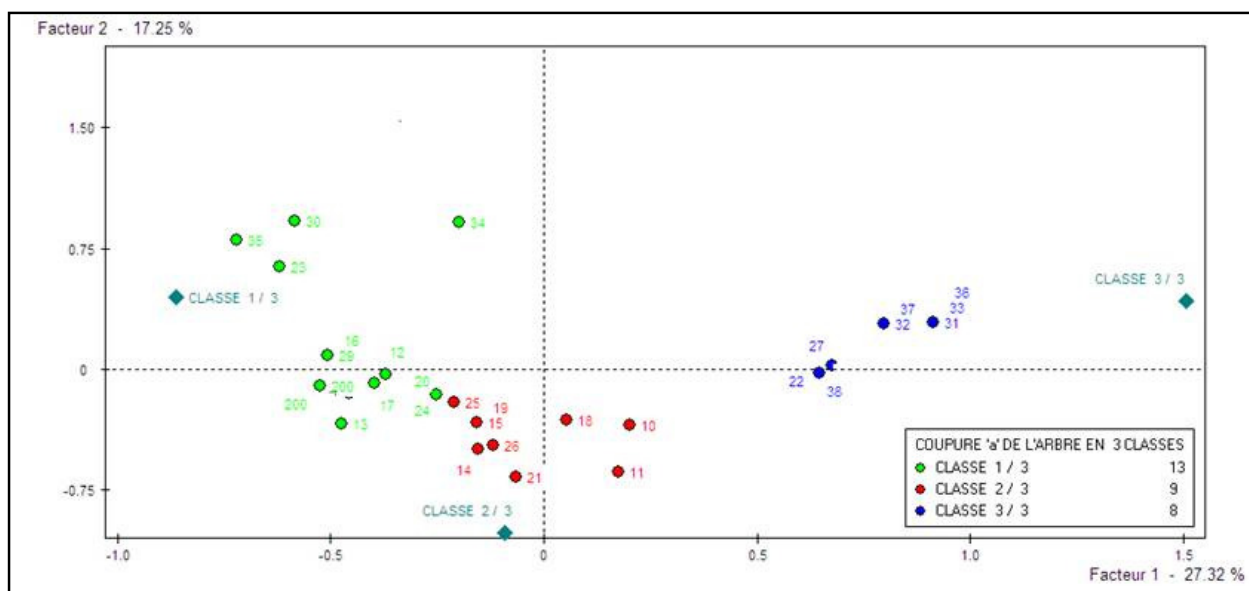


Figura 6.13 – Gráfico de Dispersão das Características das Três Classes  
Fonte: autor.

Analisando o gráfico da Figura 6.11, visualizamos que o Grupo 1 possui 13 máquinas agrupadas. O Programa sugeriu, então, que fizéssemos uma nova simulação, desta vez, com formação de quatro grupos.

### 6.11 Agrupamento de Quatro Classes de Células segundo SPAD 3.6

A outra proposta do Programa foi uma distribuição das células em quatro classes, levando em conta as características que mais influenciam versus a que menos influenciam nesta nova classificação.

- a) Classe 1/4 – Formada por 04 células;
- b) Classe 2/4 – Formada por 09 células;
- c) Classe 3/4 – Formada por 09 células;
- d) Classe 4/4 – Formada por 08 células.

A Tabela 6.6 mostra um agrupamento de quatro classes de células que o Programa SPAD 3.6 realizou.

Tabela 6.6 – Grupo de Quatro Classes de Células conforme suas Características

| Grupo de Quatro Classes de Células conforme suas Características |        |                 |        |                      |        |                       |        |
|------------------------------------------------------------------|--------|-----------------|--------|----------------------|--------|-----------------------|--------|
| Classe 1/4                                                       | O.E.E. | Classe 2/4      |        | Classe 3/4           |        | Classe 4/4            |        |
| 30-Forno                                                         | 93,49% | 16-Cubo VO4/VL4 | 70,52% | 25-Cavalete do Freio | 81,34% | 36-Tubo de Apoio      | 88,16% |
| 35-Cubo HL5                                                      | 88,40% | 12-Cubo HL4     | 73,35% | 19-Sapata Média      | 53,86% | 37-Prensa Cj. Carcaça | 87,95% |
| 34-Forno                                                         | 90,25% | 29-Cubo VL2/HL2 | 78,00% | 14-Carcaças Médias   | 72,62% | 38-Tambor HL7         | 86,46% |
| 23-Disco Pesado                                                  | 82,87% | 200-Cubo HL7    | 77,09% | 15-Sapata Média      | 72,34% | 31-Tubo de Apoio      | 92,97% |
|                                                                  |        | 20-Manga VO4    | 84,94% | 26-Manga VL3         | 80,32% | 32-Prensa Cj. Carcaça | 91,20% |
|                                                                  |        | 17-Cubo M2000   | 70,11% | 21-Sapata Pesada     | 83,34% | 33-Tubo de Apoio      | 90,88% |
|                                                                  |        | 24-Manga do LN  | 82,23% | 10-Caixa HL5/HL4R    | 74,96% | 22-Tambor HL7         | 83,13% |
|                                                                  |        | 13-Cubo VL3 5T  | 72,96% | 11-Tambor HL5/VL3    | 73,45% | 27-Viga VL3 6,5 T     | 80,16% |
|                                                                  |        | 28-Cartola      | 78,08% | 18-Tambor VL3        | 66,96% |                       |        |

Fonte: autor.

A Figura 6.14 demonstra graficamente o resultado da Tabela do Resultado do Agrupamento das Quatro Classes de Células que o Programa SPAD 3.6 realizou:

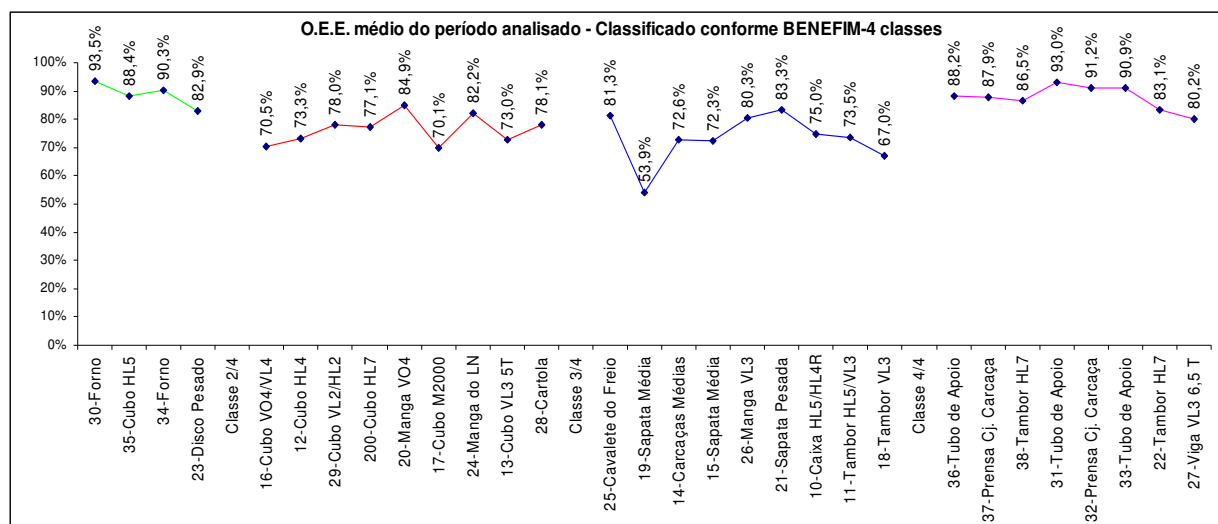


Figura 6.14 – Gráfico O.E.E. das Células Divididas em Quatro Classes

Fonte: autor.

Também foi emitido um relatório pelo qual se observam as características que estão mais presentes em cada grupo. A Figura 6.15 mostra o relatório emitido pelo Programa.

|                                                            |       |         |              |        |                  |               |
|------------------------------------------------------------|-------|---------|--------------|--------|------------------|---------------|
| DESCRIPTION DE PARTITION(S)                                |       |         |              |        |                  |               |
| DESCRIPTION DE LA COUPURE 'a' DE L'ARBRE EN 4 CLASSES      |       |         |              |        |                  |               |
| CARACTERISATION DES CLASSES PAR LES MODALITES              |       |         |              |        |                  |               |
| CARACTERISATION PAR LES MODALITES DES CLASSES OU MODALITES |       |         |              |        |                  |               |
| DE COUPURE 'a' DE L'ARBRE EN 4 CLASSES                     |       |         |              |        |                  |               |
| CLASSE 1 / 4                                               |       |         |              |        |                  |               |
| -----                                                      |       |         |              |        |                  |               |
| V.TEST                                                     | PROBA | ----    | POURCENTAGES | ----   | MODALITES        |               |
| IDEN                                                       | POIDS |         |              |        |                  |               |
|                                                            |       | CLA/MOD | MOD/CLA      | GLOBAL | CARACTERISTIQUES | DES VARIABLES |
| -----                                                      |       |         |              |        |                  |               |
|                                                            |       |         |              | 13.33  | CLASSE 1 / 4     |               |
| aa1a                                                       | 4     |         |              |        |                  |               |
|                                                            | 3.97  | 0.000   | 100.00       | 100.00 | 13.33            | 2             |
| AUT2                                                       | 4     |         |              |        |                  | AUT           |
|                                                            | 3.02  | 0.001   | 57.14        | 100.00 | 23.33            | 2             |
| SET2                                                       | 7     |         |              |        |                  | SET0          |
|                                                            | 2.35  | 0.009   | 60.00        | 75.00  | 16.67            | 2             |
| PRE2                                                       | 5     |         |              |        |                  | PREV          |
| -----                                                      |       |         |              |        |                  |               |
| CLASSE 2 / 4                                               |       |         |              |        |                  |               |
| -----                                                      |       |         |              |        |                  |               |
| V.TEST                                                     | PROBA | ----    | POURCENTAGES | ----   | MODALITES        |               |
| IDEN                                                       | POIDS |         |              |        |                  |               |
|                                                            |       | CLA/MOD | MOD/CLA      | GLOBAL | CARACTERISTIQUES | DES VARIABLES |
| -----                                                      |       |         |              |        |                  |               |
|                                                            |       |         |              | 30.00  | CLASSE 2 / 4     |               |
| aa2a                                                       | 9     |         |              |        |                  |               |
|                                                            | 4.67  | 0.000   | 100.00       | 88.89  | 26.67            | 2             |
| SET2                                                       | 8     |         |              |        |                  | SET60         |
|                                                            | 3.39  | 0.000   | 60.00        | 100.00 | 50.00            | 2             |
| MUL2                                                       | 15    |         |              |        |                  | MULT          |
| -----                                                      |       |         |              |        |                  |               |
| CLASSE 3 / 4                                               |       |         |              |        |                  |               |
| -----                                                      |       |         |              |        |                  |               |
| V.TEST                                                     | PROBA | ----    | POURCENTAGES | ----   | MODALITES        |               |
| IDEN                                                       | POIDS |         |              |        |                  |               |
|                                                            |       | CLA/MOD | MOD/CLA      | GLOBAL | CARACTERISTIQUES | DES VARIABLES |
| -----                                                      |       |         |              |        |                  |               |
|                                                            |       |         |              | 30.00  | CLASSE 3 / 4     |               |
| aa3a                                                       | 9     |         |              |        |                  |               |
|                                                            | 4.47  | 0.000   | 81.82        | 100.00 | 36.67            | 2             |
| PES2                                                       | 11    |         |              |        |                  | PES4          |
|                                                            | 2.73  | 0.003   | 75.00        | 66.67  | 26.67            | 2             |
| DET2                                                       | 8     |         |              |        |                  | DET61         |
|                                                            | 2.36  | 0.009   | 58.33        | 77.78  | 40.00            | 2             |
| ERG2                                                       | 12    |         |              |        |                  | ERG           |
| -----                                                      |       |         |              |        |                  |               |
| CLASSE 4 / 4                                               |       |         |              |        |                  |               |
| -----                                                      |       |         |              |        |                  |               |
| V.TEST                                                     | PROBA | ----    | POURCENTAGES | ----   | MODALITES        |               |
| IDEN                                                       | POIDS |         |              |        |                  |               |
|                                                            |       | CLA/MOD | MOD/CLA      | GLOBAL | CARACTERISTIQUES | DES VARIABLES |
| -----                                                      |       |         |              |        |                  |               |
|                                                            |       |         |              | 26.67  | CLASSE 4 / 4     |               |
| aa4a                                                       | 8     |         |              |        |                  |               |
|                                                            | 4.67  | 0.000   | 88.89        | 100.00 | 30.00            | 2             |
| PES2                                                       | 9     |         |              |        |                  | PES1          |
|                                                            | 4.47  | 0.000   | 100.00       | 87.50  | 23.33            | 2             |
| SET2                                                       | 7     |         |              |        |                  | SET10         |
|                                                            | 4.32  | 0.000   | 80.00        | 100.00 | 33.33            | 1             |
| LAY1                                                       | 10    |         |              |        |                  | LAY           |
|                                                            | 3.06  | 0.001   | 53.33        | 100.00 | 50.00            | 1             |
| MUL1                                                       | 15    |         |              |        |                  | MULT          |
| -----                                                      |       |         |              |        |                  |               |

Figura 6.15 – Relatório das Características das Quatro Classes

Fonte: autor.

Analisando o relatório, chega-se à seguinte conclusão sobre cada grupo:

a) Classe 1/4:

Das 04 células que compõem este grupo, 03 estão com alto rendimento. Todas possuem três características em comum:

- 1) Posto de trabalho automatizado, ou seja, a alimentação é automática, não depende do operador.
- 2) Não têm *setup*.
- 3) Fazem manutenção preventiva conforme programado.

b) Classe 2/4:

Das 09 células que compõem este grupo, 05 estão com médio rendimento. Todas possuem duas características em comum:

- 1) Posto de trabalho "multimáquina", ou seja, um operador trabalha em duas ou mais máquinas.
- 2) *Setup* médio com tempo de 60 minutos de duração.

c) Classe 3/4:

Das 09 células que compõem este grupo, 06 estão com baixo rendimento. Todas possuem três características em comum:

- 1) Quatro operadores ou mais que interferem na produção, ou seja, a célula é composta por vários funcionários.
- 2) *Setup* médio com tempo acima de 60 minutos de duração.
- 3) Têm interferências ergonômicas.

d) Classe 4/4:

Das 08 células que compõem este grupo, 06 estão com alto rendimento e 02 com médio rendimento, porém, próximas a 85% e nenhuma com baixo rendimento. Todas possuem três características em comum:

- 1) Apenas um operador que interfere na produção, ou seja, a célula é composta por um único funcionário.
- 2) *Setup* médio com tempo abaixo de 10 minutos de duração.

### 3) Não têm *layout* celular.

Também neste caso de quatro classes, o Programa emite um gráfico com o agrupamento das células em classes. A Figura 6.16 mostra o gráfico da dispersão das células emitido pelo Programa.

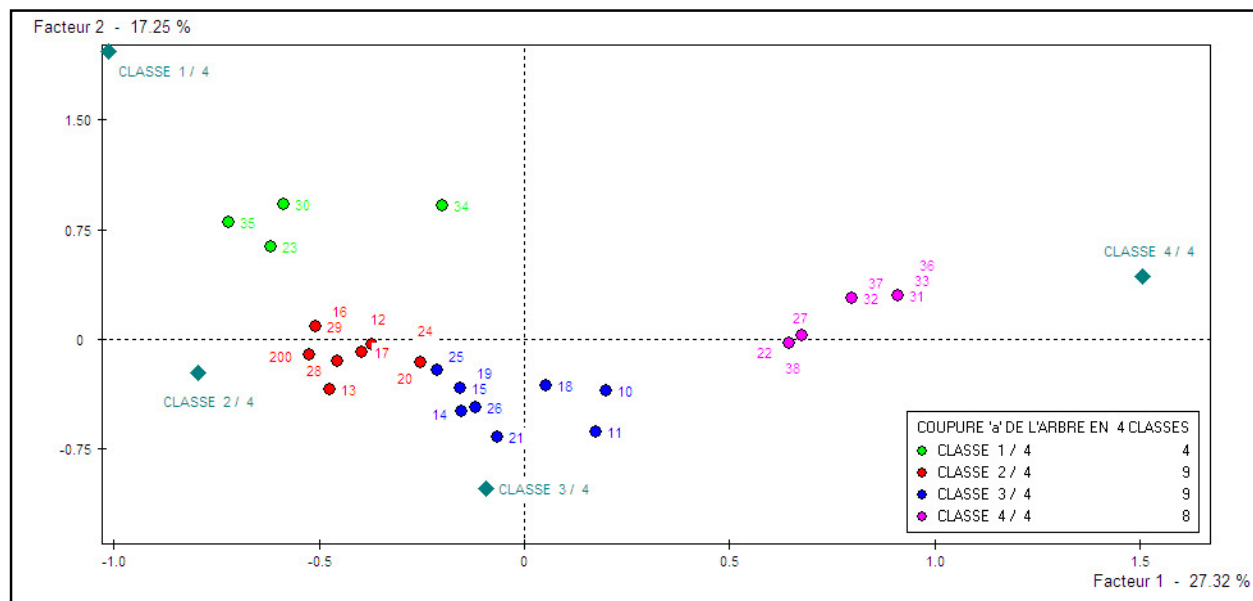


Figura 6.16 – Gráfico de Dispersão das Características das Quatro Classes

Fonte: autor.

Analisando o gráfico da Figura 6.16, visualizamos que o Grupo 1 possui 04 máquinas de rendimentos iguais ou maiores que 83%. Suas características são individuais. O que se resalta neste grupo é a alimentação automática, visto que as quatro máquinas são automatizadas.

## **7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS**

### **7.1 Conclusões sobre as Características das Células de Manufatura que Influenciam no Rendimento Global**

Analisando os números do O.E.E. obtidos nos 17 meses de estudos, pode-se classificar as 30 células em três grupos, conforme seu rendimento:

- a) Baixo Rendimento, ou seja, abaixo de 75%;
- b) Médio Rendimento, ou seja, entre 75% e 85%;
- c) Alto Rendimento, ou seja, acima de 85%.

No primeiro passo, encontraram-se 32 características possíveis nas 30 células. Porém, segundo observado na Figura 7.16, nem todas estas características influenciam no rendimento de uma célula de manufatura. Conforme demonstrado no Gráfico 7.16, das 32 características somente 16 influenciam no rendimento:

- a) Processo de alimentação é automático ou manual;
- b) Possui *layout* celular;
- c) A máquina gargalo é CNC;
- d) Posto na máquina gargalo é multimáquina ou singelo;
- e) Possui interferência ergonômica;
- f) Faz manutenção preventiva;
- g) Tipo de material usinado – aço ou ferro fundido;
- h) Idade da máquina gargalo até 5 anos;
- i) Tempo médio gasto em cada *setup*;
- j) Quantidade de operadores que trabalham na célula.

Com os resultados dos percentuais de influência das 16 características por célula mostradas

no gráfico da Figura 6.14 e também o resultado do relatório da Figura 6.15 apontando o Top 3 das características comuns a cada uma das quatro classes, elaborou-se a Tabela 7.1, que apresenta um resumo das características presentes em cada um dos três grupos de rendimento de células.

Tabela 7.1 – Resumo das Características Encontradas nas Células

|    | Características SIM         | Baixo Rendimento<br>(10 células) | Médio Rendimento<br>(11 células) | Alto Rendimento<br>(09 células) | Classe 1/4<br>Alto Rendimento<br>(04 células) | Classe 2/4<br>Médio Rendimento<br>(09 células) | Classe 3/4<br>Baixo Rendimento<br>(09 células) | Classe 4/4<br>Alto Rendimento<br>(08 células) |
|----|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1  | Proc. Automatico            |                                  |                                  |                                 |                                               |                                                |                                                |                                               |
| 2  | Lay out celular             |                                  |                                  |                                 |                                               |                                                |                                                |                                               |
| 3  | CNC                         |                                  |                                  |                                 |                                               |                                                |                                                |                                               |
| 4  | Posto multi maquina         |                                  |                                  |                                 |                                               |                                                |                                                |                                               |
| 5  | Interferência Ergonomica    |                                  |                                  |                                 |                                               |                                                |                                                |                                               |
| 6  | Manutenção Preventiva       |                                  |                                  |                                 |                                               |                                                |                                                |                                               |
| 7  | Tipo de Material = Aço      |                                  |                                  |                                 |                                               |                                                |                                                |                                               |
| 8  | Idade até 5 anos            |                                  |                                  |                                 |                                               |                                                |                                                |                                               |
| 9  | Set Up - Até 10 min         |                                  |                                  |                                 |                                               |                                                |                                                |                                               |
| 10 | Set Up - Até 60 min         |                                  |                                  |                                 |                                               |                                                |                                                |                                               |
| 11 | Set Up - Acima de 60 min    |                                  |                                  |                                 |                                               |                                                |                                                |                                               |
| 12 | Não Há Set Up               |                                  |                                  |                                 |                                               |                                                |                                                |                                               |
| 13 | 1 Pessoa Processo           |                                  |                                  |                                 |                                               |                                                |                                                |                                               |
| 14 | Até 2 Pessoas Processo      |                                  |                                  |                                 |                                               |                                                |                                                |                                               |
| 15 | Até 3 Pessoas Processo      |                                  |                                  |                                 |                                               |                                                |                                                |                                               |
| 16 | Acima de 3 Pessoas Processo |                                  |                                  |                                 |                                               |                                                |                                                |                                               |
|    |                             | <b>Critério</b>                  |                                  |                                 | <b>Critério</b>                               |                                                |                                                |                                               |
|    |                             | Presente em 66% ou mais          |                                  |                                 | Top 3 programa SIM                            |                                                |                                                |                                               |
|    |                             | Presente entre 33% à 66%         |                                  |                                 | Toop 3 programa NÃO                           |                                                |                                                |                                               |
|    |                             | Presente em menos que 33%        |                                  |                                 |                                               |                                                |                                                |                                               |

Fonte: autor.

Na Tabela 7.1, verifica-se que as 16 características existentes em comum nas células de manufatura estão distribuídas e se repetem somente nas células que estão no mesmo grupo de rendimento. Respondendo ao objetivo do trabalho, que é de identificar as características de células de alto rendimento, conclui-se que as células de alto rendimento possuem em comum as seguintes características:

- Processo de alimentação é automático, ou seja, o operador influencia nada ou pouco no ritmo de trabalho da máquina gargalo;
- Posto na máquina gargalo é singelo, ou seja, o operador trabalha apenas na máquina gargalo, não trabalha em duas ou mais máquinas da célula;
- Não possui interferência ergonômica na célula toda ou na máquina gargalo;
- Faz manutenção preventiva;

- e) Tipo de material usinado – aço;
- f) Tempo médio gasto em cada *setup* de 10 minutos ou zero;
- g) Quantidade de *setup* semanal de 01 ou zero;
- h) Quantidade de operadores que trabalham na célula igual a um, ou seja, poucas pessoas por célula.

Os resultados obtidos no estudo não podem ser generalizados para outras aplicações, embora mostre evidências concretas sobre as características encontradas.

## 7.2 Comentários Finais e Recomendações

Segundo Nakajima (1989), o O.E.E. é uma medição que procura revelar os custos escondidos na empresa. Conforme Ljungberg (1998), antes do advento desse indicador, somente a disponibilidade era considerada na utilização dos equipamentos, o que resultava no superdimensionamento de capacidade. Segundo ainda Nakajima (1989), um O.E.E. de 85% deve ser buscado como meta ideal para os equipamentos. Implantar o O.E.E. em uma empresa não é tarefa fácil, depende muito da necessidade de melhoria dos grupos e da compreensão dos benefícios que este indicador traz para todos que trabalham na célula de manufatura.

Durante todo o processo de implantação e também nos 17 meses subsequentes da coleta de dados, levantou-se o rendimento global de 51 células de manufatura e pode-se concluir que somente saber o índice não era o suficiente. Como afirmado anteriormente, o O.E.E. é um indicador semelhante a um termômetro, nos dá uma medida da “temperatura e não o remédio” para a cura. Com o acompanhamento sistemático do rendimento das células de manufatura observou-se que o acompanhamento, monitoramento e tomada de ações imediatas, melhoram o rendimento em todas as células estudadas.

Estudar, analisar e descobrir as características das células, principalmente as células de manufatura de alto rendimento, permite aos gestores conhecerem seus *benchmarking* e buscarem constantemente este rendimento nas demais células. Com o levantamento destas características, também pode-se trabalhar o planejamento de novos investimentos. Para isso, leva-se em conta que se deve montar células de manufatura com o mínimo de interferências ergonômicas, que possuam

alimentação automática, pouco ou nenhum *setup* semanal, bem como com o mínimo de operadores interferindo no processo.

Estas características das células de manufatura foram encontradas na empresa estudada e acredita-se que não são comuns a todas as empresas de manufatura.

Entretanto, do ponto de vista acadêmico, poder-se-ia não limitar estes estudos somente a estas células, bem como não somente a esta empresa, pois se tratando de células de usinagem, as características aqui consideradas são comuns a todas as empresas deste setor. Deve-se destacar o apoio e competência dos funcionários da empresa estudada, que, durante todo o tempo de estudo, se mostraram envolvidos no processo de melhoria contínua, buscando sempre aperfeiçoar o desempenho dos meios de produção.

## 8 REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, R.R.; ANTUNES J.R.; VALLE, J.A. **Takt-time: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção**. Gestão & Produção, abr. 2001.
- BASTIAN, R. **Tese de Mestrado de Engenharia de Produção**. Universidade FEI, 2010.
- BERTAGLIA, P.R. **Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento**. São Paulo: Saraiva, 2003.
- BLACK, J.T. **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- CARVALHO, E.G. **Relatório Setorial Final Caminhões e Ônibus 2007**. Relatório da Financiadora e Projeto – Finep. Disponível no site <www.finep.gov.br>. Acesso em: nov. 2008.
- CGE CONSULTING. **TPM sob a Ótica Financeira. Melhorando a performance dos ativos**. Kaizen e Gembakaizen Kaizen Institute. Mar. 2007.
- CHIARADIA, A. **Utilização do indicador de eficiência global dos equipamentos na gestão de melhoria contínua dos equipamentos**. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- CORRÊA, H.; GIANESI, I. **Just-in-time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico**. São Paulo: Atlas, 1996.
- DAL, B.; TUGWELL, P.; GREATBANKS, R. Overall Equipment Effectiveness as a measure of operational improvement: a practical analysis. **International Journal of Operational Improvement & Production Management / Emerald**. v. 20, ed. 12, p. 1488-1502, 2000.
- GAURY, E.G.A.; KLEIJNEN, J.P.C.; PIERREVAL, H. **Customized pull systems for single-product flow lines**. Discussion Paper 117, Tilburg University, Center for Economic Research, 1998.
- GREENACRE, M.J. **Correspondence analysis in practice**. London: Academic Press, 1993.
- \_\_\_\_\_. **Theory and applications of correspondence analysis**. London: Academic Press, 1984.
- GOLDRATT, E.M. & FOX, R.E. **A corrida pela vantagem competitiva**. São Paulo: Educator, 1992.
- GOLDRATT, E.M.; COX, J.. **A meta**. 2. ed. São Paulo: Educator, 1992.
- HAIR JR.; JOSEPH, F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W. **Análise multivariada de dados**. Tradução: Adonai Schlup Santánnia e Anselmo Chaves Neto. Supervisão técnica: Maria Aparecida Gouvêa. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- HARMON, Roy L.; PETERSON, Leroy D. **Reinventando a fábrica: conceitos modernos de produtividade aplicados na prática**. Rio de Janeiro: Campus, 1991.

HINES, P.; TAYLOR, D. (2000) **Going Lean. A guide to implementation.** Lean Enterprise Research Center. Cardiff, UK.

INVERNIZZI, G. **O Sistema Lean de Manufatura aplicado em uma indústria de autopeças produtora de filtros automotivos.** Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, SP, 2006.

JOHNSON, H.T.; KAPLAN, R.S. **Relevance lost: the rise and fall of management accounting.** Boston: Harvard Business School Press, 1987.

JONSSON, P.; LESSHAMMAR, M. Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – The role of O.E.E. **Internacional Journal of Operation & Production Management.**

KENYON, G.; CANEL, C.; NEUREUTHER, B.D. The impact of lot-sizing on net profits and cycle times in the n-job, m-machine job shop with both discrete and batch processing. **International Journal of Production Economics.** 97, p. 263-278, 2005.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

LJUNGBERG, O. **Measurement of Overall Equipment Effectiveness as a basis for TPM activities.**

MARTINS, P.G.; LAUGENI, F.P. **Administração da produção.** Mecânica. Campinas. São Paulo: Saraiva, 1998.

\_\_\_\_\_. **Administração da produção.** Mecânica. Campinas. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MERCEDES-BENZ. **A história no mundo.** São Bernardo do Campo. Disponível em: <[www.mercedes-benz.com.br](http://www.mercedes-benz.com.br)>. Acesso em: 15/10/10.

MOURA R.A. **Kanban – A simplicidade do controle da produção.** 5. ed. São Paulo: Iman, 1999.

NAKAJIMA, S. **Total productive maintenance.** Productivity Press, 1988.

NOREEN, E; SMITH, D.; MACKEY, J.A. **Teoria das restrições e suas implicações na contabilidade gerencial: um relatório independente.** São Paulo: Educator, 1996.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

PIRES, S.R.I. **Gestão da Cadeia de Suprimentos.** Atlas, 2004.

PRADO, Darci Santos do. **Teoria das filas e da simulação.** Série Pesquisa Operacional, v. 2. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.

PROTIL, R.M. **Otimização do Processo Decisório, utilizando simulação computacional.** In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, p.1535-1546, nov. 2001.

RIBEIRO, P.D. **Kanban: resultados de uma implantação bem-sucedida**. 2. ed. Rio de Janeiro: COP Editora, 1989.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar – Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.

SHAH, R. & WARD, P. T., 2003. Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, 21 (2), 129-149.

SANTOS, A.C.O.; SANTOS, M.J. **Utilização do indicador de Eficácia Global de Equipamentos (O.E.E.) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura** – Artigo Enegep 2007.

SANTOS, Â.M.M.M.; PINHÃO, C.M.A. **Polos automotivos brasileiros**. Polos automotivos. Rio de Janeiro: BNDES setorial, set. 1999.

SHARMA, A.; MOODY, P.E. **A máquina perfeita: como vencer na nova economia, produzindo com menos recursos**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

SHINGO, S. **Sistema de troca rápida de ferramentas: uma revolução nos sistemas produtivos**. Porto Alegre: Bookman, 2000.

\_\_\_\_\_. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SLACK, N. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

\_\_\_\_\_. **Vantagens competitivas em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais**. São Paulo: Atlas, 2002.

SOUZA, F.B.; RENTES, A.F.; AGOSTINHO, O.L. **A interdependência entre sistemas de controle de produção e critérios de alocação de capacidades**. *Gest. Prod.*, v. 9, n. 2, p. 215-234, ago 2002, ISSN 0104-530X.

TANAKA, O.Y.; MELO, C. **Avaliação de Programas de Saúde do Adolescente**. Capítulo IV. São Paulo: Edusp, 2001. Disponível em: <people.ufpr.br>. Acesso em: 28/11/2008.

THE PRODUCTIVITY DEVELOPMENT TEAM, O.E.E. for operators. *Shopfloor Series*, 1999.

TUBINO, D.F. **Sistemas de produção: a produtividade no chão de fábrica**. Porto Alegre: Bookman, 1999.

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

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

ZAGONEL, E. **Tese de Mestrado de Engenharia de Produção**. Universidade Federal do Paraná, 2006.

ZAMPIERI, J.R. **Tese de Mestrado de Engenharia de Produção**. Universidade FEI, 2009.