

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

FRANCISCO ALEXANDRE DE OLIVEIRA

**A GESTÃO BASEADA EM ATIVIDADES (*ABM*)
APLICADA EM AMBIENTES CELULARES: UMA
ABORDAGEM METODOLÓGICA**

Dissertação submetida ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como requisito parcial à obtenção do título de *Mestre em Engenharia de Produção*.

Orientador: Prof. José Arnaldo Barra Montevechi, Dr.

Itajubá, Junho de 2003.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Mauá –
Bibliotecária Margareth Ribeiro- CRB_6/1700

O48g

Oliveira, Francisco Alexandre de

A gestão baseada em atividade (ABM) aplicada em ambientes
celulares : uma abordagem metodológica / por Francisco Alexandre
de Oliveira ; orientado por José Arnaldo Barra Montevechi. --
Itajubá (MG) : UNIFEI, 2003.

140 p. il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá.

1. Atividades. 2. Custos. 3. Manufatura celular. I. Montevechi,
José Arnaldo Barra, orient. II. Universidade Federal de Itajubá.
III. Título.

CDU 657.451(043)



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
Criada pela Lei nº 10.435, de 24 de abril de 2002

ANEXO II

FOLHA DE JULGAMENTO DA BANCA EXAMINADORA

Título da Dissertação: **“Gestão Baseada em Atividades (ABM) Aplicada em Ambientes Celulares: Uma Abordagem Metodológica”**

Autor: **Francisco Alexandre de Oliveira**

JULGAMENTO

Examinadores	Conceito		Rubrica
	A = Aprovado	R = Reprovado	
1º	A		<i>Roberval R.S. Carvalho</i>
2º	A		<i>Carlos Eduardo Sanches da Silva</i>
3º	A		<i>José Arnaldo Barra Montevechi</i>

Observações:

- 1) O Trabalho será considerado Aprovado se todos os Examinadores atribuírem conceito A.
- 2) O Trabalho será considerado Reprovado se forem atribuídos pelos menos 2 conceitos R.
- 3) O Trabalho será considerado Insuficiente (I) se for atribuído pelo menos um conceito R. Neste caso o candidato deve apresentar novo trabalho. A banca deve definir como avaliar a nova versão da Dissertação.

Resultado Final: Conceito: A, ou seja, Aprovado

Observações: _____

Itajubá, 17 de junho de 2003.

Prof. Dr. Roberval Rymmer da Silva Carvalho
1º Examinador - FACESM

Carlos Eduardo Sanches da Silva
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches da Silva
2º Examinador - UNIFEI

José Arnaldo Barra Montevechi
Prof. Dr. José Arnaldo Barra Montevechi
3º Examinador - (Orientador) - UNIFEI

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

FRANCISCO ALEXANDRE DE OLIVEIRA

**A GESTÃO BASEADA EM ATIVIDADES (*ABM*)
APLICADA EM AMBIENTES CELULARES: UMA
ABORDAGEM METODOLÓGICA**

Dissertação submetida à banca examinadora em 17 de Junho de 2003, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de *Mestre em Engenharia de Produção*.

Banca Examinadora:

Prof. Roberval Rymer Silva Carvalho, Dr. (FACESM).

Prof. Carlos Eduardo Sanches Silva, Dr. (UNIFEI).

Prof. José Arnaldo Barra Montevechi, Dr. (Orientador).

Itajubá, Junho de 2003.

**À minha querida família, com carinho,
admiração e respeito.**

AGRADECIMENTOS

Senhor, meu Deus, eu agradeço por mais esta conquista, são tantos aqueles que foram colocados em meu caminho, e que são responsáveis pelo sucesso deste trabalho, a quem dedico especial gratidão:

Aos meus pais Mauri e Tereza que foram a base de tudo. Mesmo não tendo os recursos necessários souberam ser apoio e, com carinho, amor e empenho conseguiram com que eu concluísse o curso superior.

Aos meus irmãos Aroldo e Amauri que sempre me apoiaram e foram sempre duas mãos a me ajudar, principalmente nas horas difíceis.

Aos professores Alaor Campos e Luís Fernando Barca, por terem me recomendado ao Programa de Pós Graduação em Engenharia da Produção.

Ao meu orientador, professor José Arnaldo Barra Montevechi, pelo apoio, atenção e confiança em mim depositados na execução deste trabalho.

Ao coordenador da Pós-graduação em Engenharia de Produção, João Batista Turrioni, pelo esforço para que pudéssemos nos orgulhar sempre da Pós-graduação em Engenharia da Produção da UNIFEI.

Ao professores Pedro Paulo, Dagoberto, Luís Gonzaga, Carlos Sanches e Edson Pamplona pelo conhecimento compartilhado e exemplo de dedicação à carreira acadêmica.

Ao amigo Roberto Nunes Duarte pelo apoio.

A todos os funcionários da UNIFEI, que na humildade de seus afazeres e desvelos, colaboram para que esta universidade continue contribuindo para o avanço tecnológico do nosso país.

Aos funcionários da secretaria da PPG, Cristina Silva, Débora, Cida, Valéria e Rita pela dedicação, competência e, principalmente pela amizade.

Aos funcionários da biblioteca e do IEM, pela atenção.

Aos amigos do programa de Pós-graduação da produção: Everton, Eduardo, Éricka, Kwami, Fabiano, Ricardo, Cléber e Raquel (espero não ter esquecido ninguém!) agradeço o companheirismo.

À CAPES, pelo suporte financeiro, através da bolsa concedida, para que pudesse realizar este trabalho.

Ao Instituto Halkwes, a Adriana e Ilcinea, pela revisão nos artigos e neste trabalho.

À banca examinadora, cujas correções e sugestões, serão de grande valor a este trabalho.

Enfim, agradeço Senhor, pelas dificuldades que não me deixaram envaidecer frente algumas vitórias. E espero que outros que resolvam trilhar este caminho encontrem o apoio, a atenção e a amizade por mim compartilhado enquanto estive desenvolvendo este trabalho. Assim seja.

SUMÁRIO

Dedicatória.....	i
Agradecimentos.....	ii
Sumário.....	iii
Resumo.....	vi
Abstract.....	vii
Lista de figuras.....	viii
Lista de tabelas.....	x
Lista de gráficos.....	xi
Lista de abreviaturas.....	xii
1.Introdução	1
1.1 Considerações Iniciais	1
1.2 Objetivo do Trabalho.....	2
1.3 Relevância do Trabalho	3
1.4 Metodologia de Pesquisa	3
1.5 Estrutura da dissertação	4
2.O layout celular	6
2.1 Considerações Iniciais	6
2.2 Característica da Configuração Celular.....	6
2.3 Formação das células de manufatura através da Tecnologia de Grupo.....	8
2.4 Métodos de formação de células de manufatura	10
2.4.1 Processo Descritivo	11
2.4.2 Análise de grupos	12
2.4.3 Utilização do método de partição de <i>Graph</i>	15
2.4.4 Utilização de Inteligência Artificial	15
2.4.5 Utilização de Programação Matemática.....	16
2.5 Aplicação da simulação na manufatura celular	16
2.6 Avaliação da Configuração celular.....	18

2.7 Considerações Finais	20
3.A Gestão Baseada em Atividade	21
3.1 Considerações Iniciais	21
3.2 Definindo Gestão Baseada em Atividade.....	21
3.3 Processos e Atividades	23
3.4 Custeio Baseado em Atividades (ABC)	25
3.4.1 Histórico e Conceituação do ABC – <i>Activity Based Costing</i>	26
3.4.2 Estrutura geral do sistema ABC	27
3.5 A Análise de Valor do Processo.....	30
3.5.1 Análise de valor no ambiente de Operações.....	31
3.5.2 Medidas de tempo de ciclo	32
3.5.3 Medidas da qualidade no processo	33
3.5.4 Medidas de custo dos processos	34
3.5.5 Estrutura da análise de valor.....	34
3.6 Benefícios com a utilização do ABM.....	35
3.7 Metodologia para aplicação da Gestão Baseada em Atividades	35
3.8 Considerações Finais	36
4. Construção da abordagem metodológica	37
4.1 Considerações Iniciais	37
4.2 Análise da situação	38
4.3 Mapeamento de processo.....	38
4.4 Custeio dos Processos – Aplicação do custeio baseado em atividade (ABC).....	41
4.4.1 Identificação e medição dos direcionadores de recursos.....	41
4.4.2 Identificação e medição dos direcionadores de custos de segundo estágio.....	41
4.5 Análise das atividades e proposição de melhorias.....	43
4.6 Análise dos benefícios das medidas de melhoria através da simulação	45
4.7 Implementação da medida de melhoria	47
4.8 Considerações Finais.....	47
5. Aplicação da Abordagem Metodológica.....	49
5.1 Considerações Iniciais	49
5.2 Definição do sistema a ser analisado	50

5.3 Mapeamento do Processo	51
5.4 Definição do custo das atividades e dos objetos de custo	67
5.5 Análise dos processos e proposição das medidas de melhoria.....	78
5.6 Simulação do sistema e análise das medidas de melhoria.....	88
5.6.1 Definição do objetivo do estudo de simulação	89
5.6.2 Coleta e tratamento dos dados	91
5.6.3 Escolha do software e construção do modelo.....	92
5.6.4 Validação do modelo	98
5.6.5 Experimentação	104
5.7 Implementação	109
5.8 Considerações Finais	110
6. Conclusão	111
6.1 Considerações Iniciais	111
6.2 Conclusões e contribuição do trabalho.....	111
6.3 Sugestões para trabalhos futuros	113
6.4 Considerações finais.....	114
Referências Bibliográficas.....	115
Anexo 1	119
Anexo 2	126
Anexo 4	129
Anexo 5	130
Anexo 6	134

RESUMO

O presente trabalho tem o propósito de desenvolver e aplicar uma abordagem metodológica para a Gestão Baseada em Atividade em empresas com o arranjo físico em células de manufatura. Primeiramente, é feita uma revisão da literatura, verificando as pesquisas realizadas com foco em células de manufatura, com destaque para os métodos de formação e avaliação de tais configurações. A seguir, é realizada uma revisão bibliográfica a respeito da Gestão Baseada em Atividade, apresentando a conceituação da ABM e, principalmente, dando-se ênfase em duas de suas ferramentas: O custeio baseado em atividade e a análise de valor do processo. Após o embasamento teórico, a dissertação apresenta a construção da abordagem metodológica, sendo sua contribuição a inclusão da simulação como uma das fases da aplicação da abordagem metodológica nos sistemas produtivos. Após a construção da abordagem, foi realizada a aplicação em um sistema real, utilizando-se o mapeamento de processos, o custeio baseado em atividade e a simulação. As conclusões obtidas apontam para o benefício obtido com a aplicação, além de tornar válida, para este caso, a combinação do mapeamento de processos, custeio baseado em atividade e a simulação computacional proporcionando o ajuste do sistema produtivo em termos de capacidade e uso racional dos recursos produzidos. Finalmente, são apresentadas algumas sugestões para futuros trabalhos a serem desenvolvidos utilizando a Gestão Baseada em Atividade.

ABSTRACT

The present study aims at developing and applying a methodological approach for the Activity Based Management in companies physically arranged in manufacture cells. First, a revision of the literature is carried out, verifying the researches focusing on manufacture cells, highlighting the formation and evaluation methods of such types of configurations. Then, a bibliographic revision regarding Activity Based Management is carried out, presenting the concept of ABM and, mainly, emphasizing two of its tool: Activity Based Costing and the Value Analysis of the process. After building the theoretical base, the study presents the construction of the methodological approach, and its contribution is to include the simulation as one of the phases of the methodological approach in productive systems. After constructing the approach, the application of the methodological approach is carried out in a real system, using the process mapping, the activity based costing and the simulation. The conclusions show that the application of the methodological approach was beneficial. Besides, it also showed that the combination of the process mapping, the activity based costing and the simulation was valid, providing the adjustment of the productive system in terms of working power and rational use of supplied resources. Finally, some suggestions are presented to future studies that will be developed using Activity Based Management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Esquema de uma célula de manufatura	7
Figura 2.2 – Comparação entre o layout funcional e o celular, através do fluxo de produção.	8
Figura 2.3 – Classificação dos métodos de formação de célula	11
Figura 2.4 – Algoritmo para formação de célula, método heurístico	13
Figura 2.5 – Matriz Inicial: Peça x Máquina.	14
Figura 2.6 – Matriz dissimilaridade entre as máquinas – <i>AVV</i>	14
Figura 3.1 – Mudanças de paradigmas geradas pela ABM.	23
Figura 3.2 – Componentes do processo.	24
Figura 3.3 – Estrutura conceitual da gestão baseada em atividade.	25
Figura 3.4 – ABC é baseado no entendimento de como as atividades utilizam os recursos.	27
Figura 3.5 – Estrutura geral de um sistema ABC	28
Figura 4.1 – Proposta de sistematização da simulação.	46
Figura 4.2 – Dinâmica da abordagem metodológica.	48
Figura 5.1 – Produto fabricado pela <i>empresa A</i> e sua utilização no motor.	51
Figura 5.2 – Caracterização do produto e suas dimensões.	52
Figura 5.3 – Fluxo geral de produção da <i>célula XV</i>	54
Figura 5.4 – Mapofluxograma para a <i>célula XV</i>	55
Figura 5.5 – Fluxograma para o processo de torneamento.	59
Figura 5.6 – Fluxograma para o processo de gravação.	61
Figura 5.7 – Fluxograma para o processo de torneamento de acabamento.	62
Figura 5.8 – Fluxograma do processo de rebaixo/chanfro.	63
Figura 5.9 – Fluxograma do processo para o topejamento acabado.	64
Figura 5.10 – Fluxograma do processo para o escovamento.	64
Figura 5.11 – Fluxograma para o processo de bombeamento/lapidação.	65
Figura 5.12 – Organização da <i>célula XV</i> por processos.	66
Figura 5.14 – Esquema fundamental para o estudo de simulação.	90
Figura 5.15 – Relatório de saída comparando-se as distribuições padrões possíveis.	92
Figura 5.16 – Característica da distribuição padrão.	92

Figura 5.17 – Tela de abertura do <i>Promodel</i>	93
Figura 5.18 – Menu <i>Build</i> , usado para a entrada dos elementos no software.	93
Figura 5.19 – Definição de <i>location</i> no <i>Promodel</i>	94
Figura 5.20 – Definição das <i>entities</i> no <i>Promodel</i>	95
Figura 5.21 – Definição de <i>Arrivals</i> no <i>Promodel</i>	96
Figura 5.22 – Definição do <i>processing</i> no <i>Promodel</i>	97
Figura 5.23 – Definição de <i>resources</i> no <i>Promodel</i>	97
Figura 5.24 – Modelo Final da <i>célula XV</i> no <i>Promodel</i>	98
Figura 5.25 – Modelo proposto para a <i>célula XV</i>	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Simbologia proposta por BARNES (1982) para mapeamento.....	39
Tabela 5.1 – Máquinas da célula <i>XV</i> e nível de processamento.....	53
Tabela 5.2a – Família de peças processadas na célula <i>XV</i>	56
Tabela 5.2 b – Família de peças que são processadas na célula <i>XV</i>	57
Tabela 5.2c – Família de peças que são processadas na <i>Célula XV</i>	58
Tabela 5.3 – Grupo de recursos consumidos pela célula para o mês de Janeiro de 2002.	67
Tabela 5.4 – Recursos e direcionadores de recursos.	70
Tabela 5.5 – Custo dos processos para o mês de Janeiro de 2002	72
Tabela 5.6 – relação entre os processos e demanda.	72
Tabela 5.7 – relação entre os processos e o tempo consumido em horas.....	73
Tabela 5.8 – Custo total e margem de lucro dos produtos fabricados em Janeiro de 2002.....	74
Tabela 5.9 – Custo dos produtos fabricados no período de análise.....	76
Tabela 5.10 – Codificação das atividades.	79
Tabela 5.11 – Tempo de execução das atividades na <i>célula XV</i>	83
Tabela 5.12 – Tempo de <i>setup</i> das máquinas.	84
Tabela 5.13 – Boletim da produção para o período de Janeiro à Junho de 2002.	86
Tabela 5.14 – Centro de atividades e horas de operação no período de Janeiro de 2002 à Junho de 2002.	87
Tabela 5.15 – Principais objetivos do estudo de simulação para a célula <i>XV</i>	90
Tabela 5.16 - Valores para o <i>Wip</i> , considerando-se dez replicações.....	100
Tabela 5.17 – Consumo de recursos para as cinco replicações (média e desvio padrão), através do <i>Promodel</i>	102

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1 – Consumo de recursos pela célula <i>XV</i> para o período de análise.	68
Gráfico 5.2 – Margem de lucratividade dos produtos fabricados em Janeiro de 2002.	75
Gráfico 5.3 – Lucratividade dos produtos para o período de análise.	77
Gráfico 5.4 – Gráfico de Pareto para evolução dos custos das atividades para o período de Janeiro a Junho de 2002.	80
Gráfico 5.5 – Gráfico de Pareto para os processo de maior consumo de recursos.....	82
Gráfico 5.6 – Variação da ECP, considerando os vários produtos fabricados na célula.....	84
Gráfico 5.7 – Rendimento dos centros de atividades.	88
Gráfico 5.8 – Variação entre o sistema real e o modelo computacional	101
Gráfico 5.9 – Rendimento ou utilização dos equipamentos.	103
Gráfico 5.10 – Estado de utilização da capacidade dos equipamentos.	104
Gráfico 5.11 – Utilização dos equipamentos.....	106
Gráfico 5.12a – Comparação do número peças fabricadas entre os modelo atual e proposto. ...	107
Gráfico 5.12b – Comparação do número peças fabricadas entre os modelo atual e proposto. ...	107
Gráfico 5.12c - - Comparação do número peças fabricadas entre os modelo atual e proposto. .	108
Gráfico 5.13 – Comparação entre o custo de operação entre o sistema atual e o proposto.....	109

LISTA DE ABREVIATURAS

<i>ABM</i>	Gestão Baseada em Atividade.
<i>ABC</i>	Custeio Baseado em Atividade.
<i>CAM</i>	<i>Computer Aided Design.</i>
<i>JIT</i>	<i>Just in Time.</i>
<i>PD</i>	Programação Dinâmica.
<i>PIL</i>	Programação Inteira Linear.
<i>PL</i>	Programação Linear.
<i>PQ</i>	Programação Quadrática.
<i>ROA</i>	<i>Return Over Assets.</i>
<i>TQM</i>	<i>Total Quality Management.</i>
<i>TG</i>	Tecnologia de Grupo.
<i>WIP</i>	<i>Work in process</i> - Material em processo.

Introdução

O capítulo que aqui se inicia tem a finalidade de discutir aspectos de grande importância do presente trabalho. Nesta seção são realizadas algumas considerações iniciais, e, também, apresentado o objetivo do trabalho, a relevância e a estrutura da dissertação.

1.1 Considerações Iniciais

As constantes evoluções nos sistemas de produção têm procurado atender, em grande parte, às necessidades dos clientes. O mercado, desde então, vem se tornando cada vez mais competitivo. As empresas, para sobreviverem neste ambiente, necessitam dar respostas rápidas, acompanhando estas evoluções. Deste modo, no processo de tomada de decisão dentro da empresa, deve-se ter em mente todos os fatores críticos para serem ponderados, a fim de que a decisão tomada seja a melhor possível.

Com a pressão do mercado, as empresas necessitam retirar o máximo rendimento possível de todos os seus recursos. Para atender às exigências do mercado, as indústrias enfrentam, entre outros problemas, a organização dos meios de produção e a administração dos recursos e o gerenciamento dos custos na fabricação dos produtos. Preocupações como o arranjo dos equipamentos e a organização do espaço físico, investimento em equipamentos, aprimoramento das atividades e processos e, principalmente, custo e flexibilidade na produção são, entre outros, alguns ingredientes que afetam diretamente o desempenho da organização.

Uma das filosofias difundidas nas empresas para melhora do desempenho é a Tecnologia de Grupo (TG). A Tecnologia de Grupo é um recurso utilizado na manufatura, no qual tipos de peças são colocados dentro de grupos, conhecidos como famílias de peças, baseados em alguns atributos comuns. Deste modo, pode-se dizer que a Tecnologia de Grupo explora a similaridade entre os produtos, desde a fase do projeto à produção (BURBIDGE, 1996).

Uma das mais importantes conseqüências da aplicação da Tecnologia de Grupo é o sistema de manufatura celular. As células de manufatura são caracterizadas por apresentarem máquinas

capazes de processar uma linha de produtos ou família de peças. ARRUDA (1994) cita inúmeros benefícios com a utilização da manufatura celular, principalmente no custo e tempo de fabricação dos produtos. Contudo, determinar a família de peças e, respectivamente, a configuração celular não é uma tarefa muito simples. Existem vários métodos e algoritmos para realizar este trabalho.

Algumas organizações optam por implantar o layout celular para algumas linhas de produtos, ou seja, não apresentam um layout puramente celular, mas um outro, denominado layout híbrido. Contudo, com estas mudanças, tornou-se necessário desenvolver sistemas de medidas de desempenho capazes de captar informações importantes para o gerenciamento das empresas. Tais sistemas deveriam colocar em enfoque a melhoria contínua dos processos e atividades; ser capaz de detectar rapidamente soluções para algum problema que influencie na qualidade do produto e, principalmente, que proporcione o controle dos custos de fabricação do produto.

O sistema de Gestão Baseado em Atividades, através do enfoque dado às atividades e processos, proporciona o aprimoramento dos processos e o controle nos custos dos produtos. Isto faz com que se levantem expectativas quanto aos resultados que podem ser obtidos ao se utilizar o ABM em empresas em layout celular ou híbrido. Contudo, surge a necessidade de uma abordagem metodológica para a utilização da ABM e, principalmente, que esta metodologia seja flexível e adaptável para qualquer ramo de indústria, cujo arranjo físico seja em mini-fábrica.

1.2 Objetivo do Trabalho

A dissertação tem como objetivo desenvolver uma abordagem metodológica de implantação da Gestão Baseada em Atividade e aplicar em uma célula de manufatura de uma empresa com arranjo físico em mini-fábricas. A Gestão Baseada em Atividades será abordada neste trabalho como uma ferramenta de solução de problemas e planejamento da célula, considerando os problemas reais que ocorrem durante sua operação. A proposta de inclusão da simulação no estudo, surge como uma contribuição às pesquisas realizadas apresentando, sua aplicação em um caso real. Deste modo, a dissertação possui quatro objetivos complementares:

- Levantar, através da literatura, os métodos utilizados para medir e melhorar o desempenho da célula, que utilizam, além de parâmetros tradicionais, a análise de custo;
- Avaliar as aplicações da Gestão Baseada em Atividade na área de manufatura existentes na literatura;

- Detectar, através da literatura, os possíveis problemas que ocorrem quando se utiliza a configuração celular e como a Gestão Baseada em Atividades pode contribuir na solução destes problemas;
- Verificar as vantagens da combinação: Gestão Baseada em Atividades e simulação para avaliação da célula de manufatura.

1.3 Relevância do Trabalho

Para RASMUSSEN *et al.* (1999), a preocupação com o custo dos produtos no ambiente operacional proporciona uma visão mais ampla quando se deseja utilizar uma redução de custo como ferramenta estratégica em um mercado competitivo. No entanto, é necessário que se conheça todas as atividades desenvolvidas na fabricação do produto e que se tenha bem definido os clientes do resultado de cada processo. Segundo afirmam EFSTATHIOU e GOLBY (2001), devido as células de manufatura serem responsáveis pelo processamento total de uma família de produtos, esta visão do cliente é mais facilitada. Por outro lado, NEEDY *et al.* (1998) citam a dificuldade, em um ambiente celular ou híbrido, em sincronizar as informações a respeito do custo dos produtos e os demais indicadores de desempenho do sistema, que é o escopo da Gestão Baseada em Atividades.

GUPTA e GALLOWAY (2002) comentam a respeito da aplicação da gestão Baseada em Atividade em sistemas de manufatura puramente celular ou híbrido. Porém, destacam a falta de uma abordagem metodológica de implantação da ABM, o que pode fazer com que ela seja pouco utilizada ou tenha seu campo de atuação reduzido. Portanto, as pesquisas no campo da Gestão das Atividades devem procurar, dentre outras contribuições, suprir esta necessidade de uma abordagem metodológica de implantação, mencionada por pesquisadores e pessoas ligadas às empresas.

1.4 Metodologia de Pesquisa

A pesquisa realizada procura realizar uma investigação sobre a aplicação da *ABM* em célula de manufatura, determinando uma estrutura ou abordagem para *ABM* através da combinação do mapeamento de processo, com o sistema de custos ABC e a simulação computacional. Sendo assim a pesquisa não permite ao pesquisador controle de todas as variáveis do sistema, que caracteriza uma experimentação. A pesquisa, também, não se preocupa em generalizar os

resultados, contribuição obtida através da *Survey*. Como é realizada uma aplicação de um método não empregado atualmente pela organização em estudo, a caracterização da pesquisa como estudo de caso está descartada. A classificação da pesquisa como pesquisa ação, também foi refutada, pois a pesquisa não se preocupa em medir os resultados após a implantação da abordagem metodológica. Deste modo, segundo BRYMAN (1989), casos aplicados em que o pesquisador está impossibilitado de controlar todas as variáveis, assim como esta pesquisa, são classificados de *quase-experimento*. De fato, a pesquisa utiliza o estudo de um determinado objeto, utilizando tratamento experimental e informações adicionais coletadas.

A realização deste trabalho parte das seguintes hipóteses:

Hipótese A: A abordagem metodológica proposta é capaz de combinar as informações necessárias para o ajuste do sistema em termos de flexibilidade, custo e qualidade.

Hipótese B: abordagem metodológica permite incorporar aspectos estratégicos da empresa, possibilitando a melhoria contínua.

As variáveis envolvidas no estudo são:

Variáveis Independentes: Atividades, recursos e layout;

Variáveis Dependentes: Indicadores de desempenho operacionais e custo.

1.5 Estrutura da dissertação

A dissertação está dividida em seis capítulos. O primeiro capítulo é destinado a introdução, fornecendo as primeiras impressões do trabalho, a relevância e o objetivo da dissertação. No segundo capítulo, é realizado o embasamento teórico, ou seja, a revisão bibliográfica das pesquisas realizadas acerca da configuração celular de manufatura, métodos de formação das células e uma estrutura para análise do arranjo celular. O objetivo desta parte da pesquisa é verificar, na literatura, os meios utilizados para avaliar e gerenciar as atividades e operações nas células de manufatura, com enfoque no aprimoramento do desempenho da organização.

O terceiro capítulo é destinado ao embasamento teórico a respeito da gestão Baseada em Atividade, destacando suas ferramentas e os benefícios alcançados com sua aplicação, principalmente para empresas com arranjo físico em células de manufatura, ou fábrica-dentro-de-fábrica. No quarto capítulo, é feita a construção da abordagem metodológica, onde a partir da

revisão bibliográfica é proposta uma abordagem para a utilização da ABM para empresas com arranjo físico em mini-fábricas. A aplicação da abordagem metodológica é realizada no quinto capítulo, sendo dividido em três partes: a descrição da célula com considerações sobre o produto e principalmente, os processos e atividades desenvolvidos na célula justificando-se sua escolha; utilização do custeio baseado em atividade e, finalmente, coleta de dados, análise das atividades, proposição de melhorias e a simulação do sistema melhorado.

As conclusões do trabalho e as propostas para as futuras pesquisas nesta área é vista no sexto capítulo e no anexo 6 estão os artigos publicados, resultado da pesquisa.

O layout celular

2.1 Considerações Iniciais

Este capítulo da dissertação tem a finalidade, através da revisão da literatura, verificar as pesquisas realizadas com foco em células de manufatura. Primeiramente, procurou-se caracterizar o layout celular, destacando-se os métodos de formação de célula e a aplicação da Tecnologia de Grupo. Foi realizada uma abordagem a simulação computacional, destacando sua contribuição no processo de formação da célula. Na literatura, buscou-se o método de avaliação do sistema celular de manufatura, considerando-se dois tipos de medidas: operacionais e financeiras. A preocupação nesta fase é levantar os fatores que interferem no desempenho das células de manufaturas e os ajustes que devem ser feitos no sistema durante a fase de operação.

2.2 Característica da Configuração Celular

A manufatura celular é baseada em grupo de processos, pessoas e máquinas para produzir uma família específica de produtos com características similares de Manufatura (NEEDY *et al.*, 1998). Para CHEN *et al.* (1999), as células de manufatura envolvem o processamento de um conjunto de peças similares em um grupo de máquinas responsáveis por diferentes operações no processamento de um produto. Os benefícios alcançados com este tipo de manufatura, dentre outros, são a redução do lead time, redução do volume de material transportado dentro do sistema e diminuição do tempo de *setup*. Segundo o mesmo autor, a idéia básica da configuração celular de manufatura é dividir o sistema de manufatura em diversas células, onde as peças similares são processadas em uma mesma célula para melhorar a produtividade.

Em sua pesquisa, ARRUDA (1994) aponta, em um estudo de caso, os benefícios da utilização do layout celular, citando os seguintes aspectos: redução drástica dos tempos de espera em filas, devido à disposição adequada das máquinas segundo o roteiro de fabricação dos itens; redução do tempo de *setup* e como consequência, a redução do tempo de processamento.

Para DÍAZ *et al* (2001), a célula de manufatura é caracterizada por apresentar máquinas dedicadas a uma determinada família de produtos. Além disso, a célula deve conter operadores polivalentes, ou seja, pessoas que detenham conhecimento do processo do começo ao fim. Um possível formato de uma célula de manufatura é apresentado na **figura 2.1**. A célula deste exemplo é composta de três operadores e dez máquinas. Neste exemplo, LOPES (1998) comenta que a célula deve ser projetada de modo a permitir que os fluxos de produção sejam os mais simples possíveis.

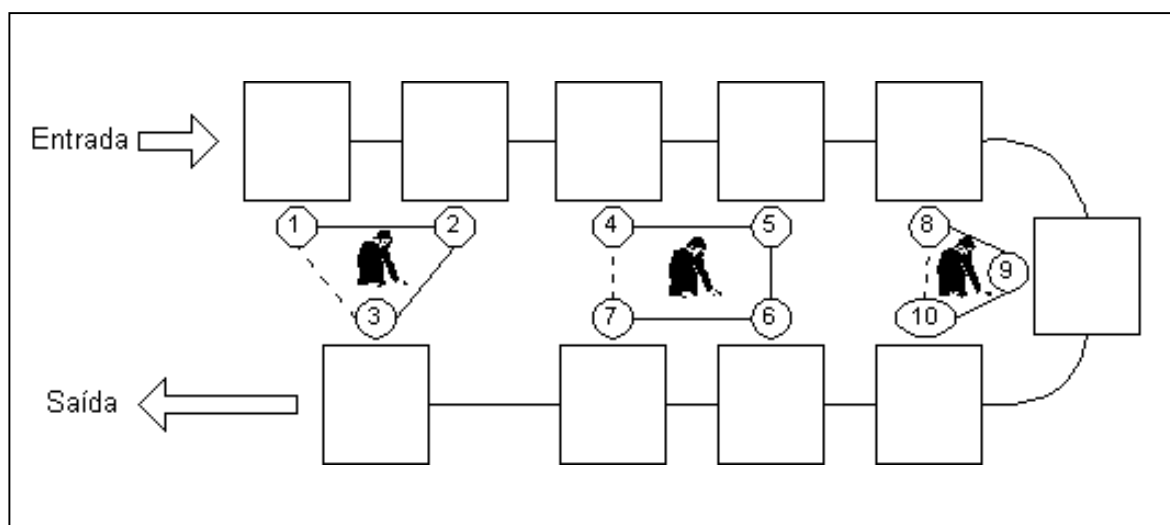


Figura 2.1 – Esquema de uma célula de manufatura (LOPES, 1998).

Freqüentemente, o layout celular é comparado ao layout funcional. O layout funcional, segundo afirmam CHENG *et al.* (2001), caracteriza-se pelo agrupamento de máquinas que desempenham funções similares no processo de fabricação de um produto. Neste tipo de arranjo físico, ARRUDA (1994) destaca o consumo de tempo devido às distâncias percorridas pelo produto de uma seção de produção a outra, até completar todas as operações necessárias para sua fabricação.

A característica principal do layout funcional, segundo afirma LOPES (1998), é o agrupamento de máquinas similares. Esta característica faz com que o estoque em processo tenha que percorrer distâncias grandes na fábrica. CHEN (2001) declara que isto causa um dos maiores problemas dentro dos sistemas de produção: longos e variáveis tempos de processamento. LOZANO *et al.* (2001) acrescentam, dentre alguns problemas com o layout funcional, o aumento no custo com o inventário, atraso na entrega do produto e perda de vendas. Deste modo, AKRIGHT *et al.* (2001) afirmam que as mudanças ocorridas nos sistemas e modos de produção levaram as empresas a uma visão focalizada de seus processos e arranjo físico, e que, dentre as alternativas, a mudança

para a manufatura celular traz melhoria de produtividade do processo e qualidade do produto. A **figura 2.2** mostra a comparação entre o layout celular e o layout funcional, destacando a simplificação no fluxo de produção.

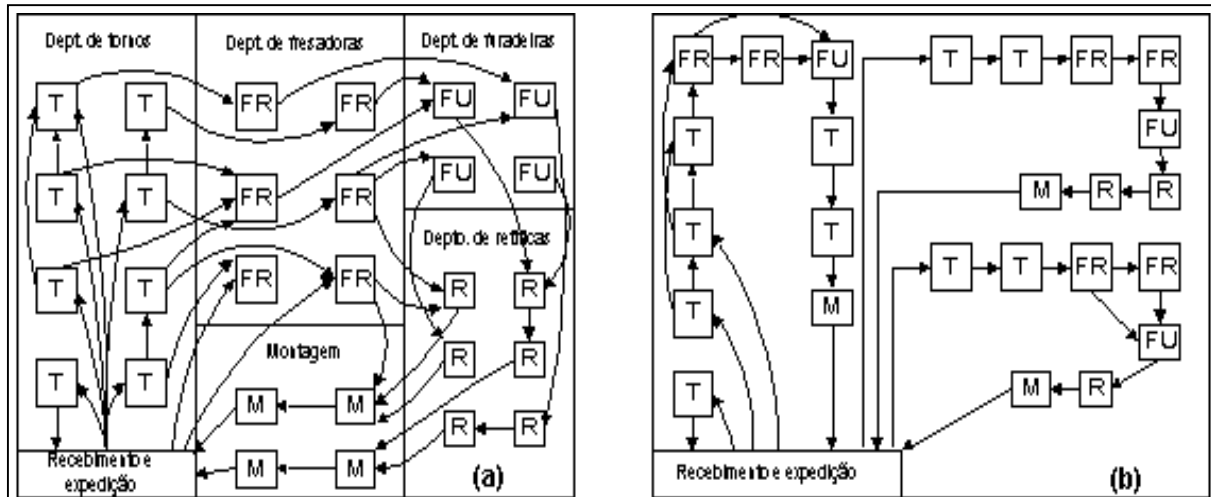


Figura 2.2 – Comparação entre o layout funcional e o celular, através do fluxo de produção (LOPES, 1998).

Atualmente, existem muitas pesquisas com enfoque das vantagens da implementação da manufatura celular. LOZANO *et al.* (2001) citam, dentre muitas vantagens obtidas com a implantação da célula de manufatura, as seguintes: redução no tempo de *setup*, tendo como consequência menores tempos de processamento e, principalmente, maior flexibilidade na produção. ARRUDA (1994) enumera, como um dos principais ganhos obtidos com a implantação das células de manufatura, a redução da área necessária para produção.

2.3 Formação das células de manufatura através da Tecnologia de Grupo

A Tecnologia de Grupo, segundo DOWLATSHAHI *et al.* (1997), é uma filosofia de manufatura no qual peças similares na geometria, materiais utilizados na fabricação ou atributos de processo são colocadas juntas, de modo a se tirar vantagem de suas similaridades durante o seu processamento ou projeto. Para KUO *et al.* (2001), o conceito fundamental da Tecnologia de Grupo é decompor o sistema de manufatura em vários subsistemas, capazes de processar um determinado grupo de peças similares, ou, na linguagem da Tecnologia de Grupo, uma família de peças.

Os resultados da aplicação da Tecnologia de Grupo foram enumerados por BURBIDGE (1996), destacando-se as vantagens com redução no tempo de produção; melhoria de qualidade; redução no custo com transporte de material; redução no tempo de *setup*; aumento da capacidade; redução na obsolescência dos materiais e melhoria na satisfação dos empregados. Contudo, o mesmo autor alerta que estas vantagens não são automáticas, ou seja, o simples fato de implantar a Tecnologia de Grupo não garante os resultados. É necessário que sejam tomadas ações no sentido de atingir objetivo que se deseja.

Para BURBIDGE (1996), o primeiro passo para a implantação da Tecnologia de Grupo é planejar uma divisão total dos produtos em grupos ou famílias, com base em alguns atributos. KAMRANI *et al.* (1997), quando se referem aos atributos necessários para classificar as peças em famílias, destacam que os atributos podem ser de dois tipos:

- Atributos de Projeto: Estes atributos são características das peças associadas com o projeto e função da peça (por exemplo: tamanho e propriedade do tipo de peça);
- Atributos de Processo: Estes atributos se referem ao processo requerido para produzir a peça (por exemplo: seqüência de processamento e ferramentas necessárias para a fabricação da peça).

Quanto aos meios de se agrupar as peças em famílias, é comum ser adotado um dos seguintes métodos:

- Inspeção Visual: Este método é o menos sofisticado e o que consome menos tempo.
- Classificação e codificação: Os atributos de projeto e/ou manufatura de cada peça são examinados e usados para gerar um código alfa numérico pelo qual os tipos de peças são identificados. Estes códigos podem ser usados para marcar tipos de peças ou famílias;
- Análise do Fluxo de Produção: A informação contida na rota de processo por tipo de peça é usada para designar cada peça de uma família de produto.

Para LOPES (1998), a Tecnologia de Grupo é a ferramenta utilizada para formar células de manufatura. Segundo o mesmo autor, as técnicas existentes para formação de célula derivam do conceito da tecnologia de grupo, explorando semelhanças para se obter vantagens operacionais e econômicas mediante um tratamento de grupo.

2.4 Métodos de formação de células de manufatura

Para SELIM *et al.* (1997), o problema de formação de célula pode ser definido como:

“Se o número, tipo e capacidades das máquinas de produção; o número e tipo de peças a serem manufaturadas; as rotas das peças; as máquinas que processam cada peças são conhecidas, quais máquinas e suas respectivas peças deveriam ser agrupadas para formar células?”.

YASUDA *et al.* (2001) afirmam que a fase de formação das células de manufatura é ponto vital no projeto de sistema celular de manufatura, e que a pergunta proposta por SELIM *et al.*(1997) deve ser feita levando-se em conta as peculiaridades do processo de produção de cada organização que decide implementar a manufatura celular. Deste modo, existe uma variedade de métodos para a formação de célula de acordo com as vantagens que se deseja obter ao optar pela manufatura celular.

LUONG *et al.* (2002) apontam uma série de fatores para esta decisão; dentre os métodos existentes, qual o indicado para cada empresa de acordo com o resultado desejado. Os fatores apontados são: volume de produção, variedade de produtos, rota dos produtos durante o processamento, tempo de processamento, tempo de *setup* e restrições própria de cada organização. As informações e dados a respeito do custo envolvido na implementação e operação do sistema celular de manufatura, segundo afirmam LUONG *et al.* (2002), devem ser levadas em conta não só para verificar a disponibilidade de recursos da organização para implementar o sistema celular, mas, principalmente, para ser um ponto de referência para a avaliação do sistema e sua contínua melhoria.

SELIM *et al.* (1997) afirmam que existe uma diversidade de métodos e classificam, com base em uma revisão da literatura, os métodos de formação de célula, conforme a **figura 2.3**. Deste modo, existem cinco classes em que os métodos de formação de célula podem ser agrupados: a classe dos processos descritivos, que envolvem técnicas de formação de famílias de peças antes da formação do grupo de máquinas e técnicas que formam simultaneamente a família de peças e o grupo de máquinas; o processo de análise de grupo, que busca em conjunto de dados, obter relações entre eles; métodos que utilizam a técnica de partição de grafos; métodos que utilizam inteligências artificiais, que são utilizados para sistemas automatizados; métodos que utilizam a

programação matemática, geralmente a programação linear, programação quadrática e programação dinâmica.

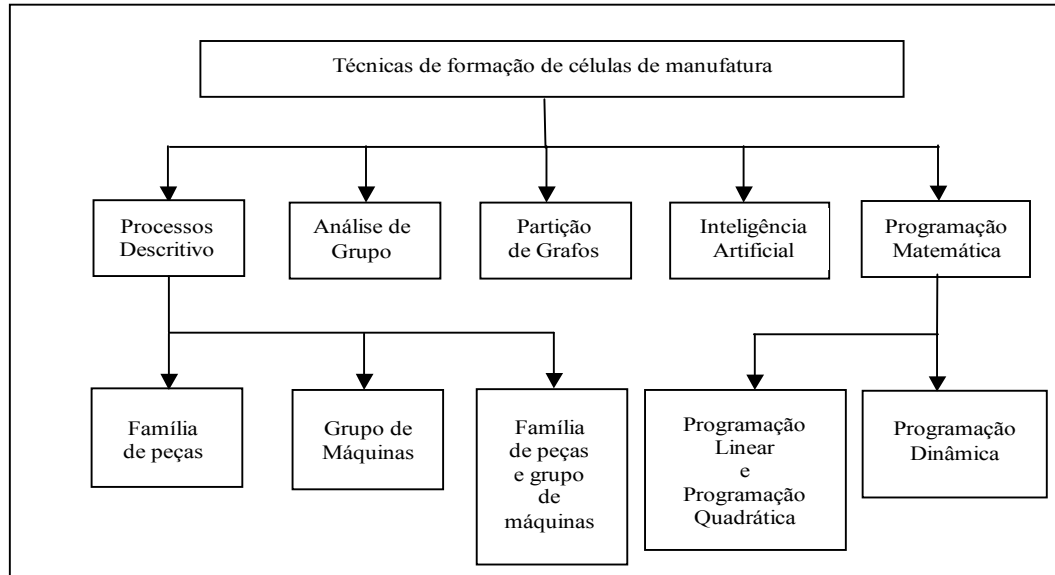


Figura 2.3 – Classificação dos métodos de formação de célula (SELIM *et al.*, 1997).

2.4.1 Processo Descritivo

Para SELIM (1997), os métodos de formação de célula, que se enquadram no Processo Descritivo, podem ser divididos em três classes. A primeira classe se refere aos métodos que primeiro identificam as famílias de peças e depois alocam as máquinas de acordo com as famílias de peças (FP). A segunda classe se refere aos métodos que primeiro identificam um determinado grupo de máquinas e depois as peças que processam (MG). A última classe utiliza a combinação das duas anteriores, ou seja, são os métodos que identificam as famílias de peças e agrupam as máquinas simultaneamente (PF/MG).

SARKER e LEE (1997) apresentam um caso prático para o problema de determinação de célula e seleção das rotas das peças, procurando minimizar os custos de operação e movimentação de material entre as células. No modelo desenvolvido, foram incluídas as informações a respeito da demanda de peças, capacidade das máquinas, número de células a serem formadas e número de máquinas dentro de células. SARKER e LEE (1997) utilizam a Programação Inteira para encontrar o melhor arranjo celular, de modo que todas as máquinas sejam utilizadas e a capacidade de cada máquina não seja excedida. Contudo, LEE e CHIANG (2002) alegam que a

Programação Inteira, devido a sua natureza, não pode ser aplicada a grandes classes de problemas de formação de células, sendo mais viável a utilização de métodos heurísticos.

LEE e CHIANG (2002) contribuem para os métodos de formação de células que se enquadram nos Processos Descritivos, desenvolvendo um algoritmo para a formação de família de peças simultaneamente com a formação dos grupos de máquinas. O objetivo principal da pesquisa realizada por LEE e CHIANG (2002) é utilizar parâmetros diversos no processo de formação de família de peças em conjunto com o processo de formação de grupo de máquinas. Dentre muitos, os parâmetros de decisão citados foram: demanda por peça, rota de processamento das peças, tempo de processamento e, principalmente custo com movimentação de material. A **figura 2.4** mostra o algoritmo desenvolvido pelos mesmos autores, considerando um ambiente com fluxo de material unidirecional, ou seja, a célula somente possui uma estação de entrada de material e uma de saída de produtos processados.

2.4.2 Análise de grupos

A análise de grupos é composta de diversas técnicas para identificar determinadas estruturas em um conjunto complexo de dados. O objetivo principal desta ferramenta estatística é agrupar objetos, entidades ou seus atributos em grupos, de modo que cada elemento se associe dentro de cada grupo e os grupos tenham uma determinada associação entre si. Os métodos que compõem a análise de grupo podem ser classificados em: técnicas de agrupamentos baseadas em disposição, técnicas hierárquicas de agrupamento e técnicas não-hierárquicas de agrupamentos (SELIM *et al.*, 1997).

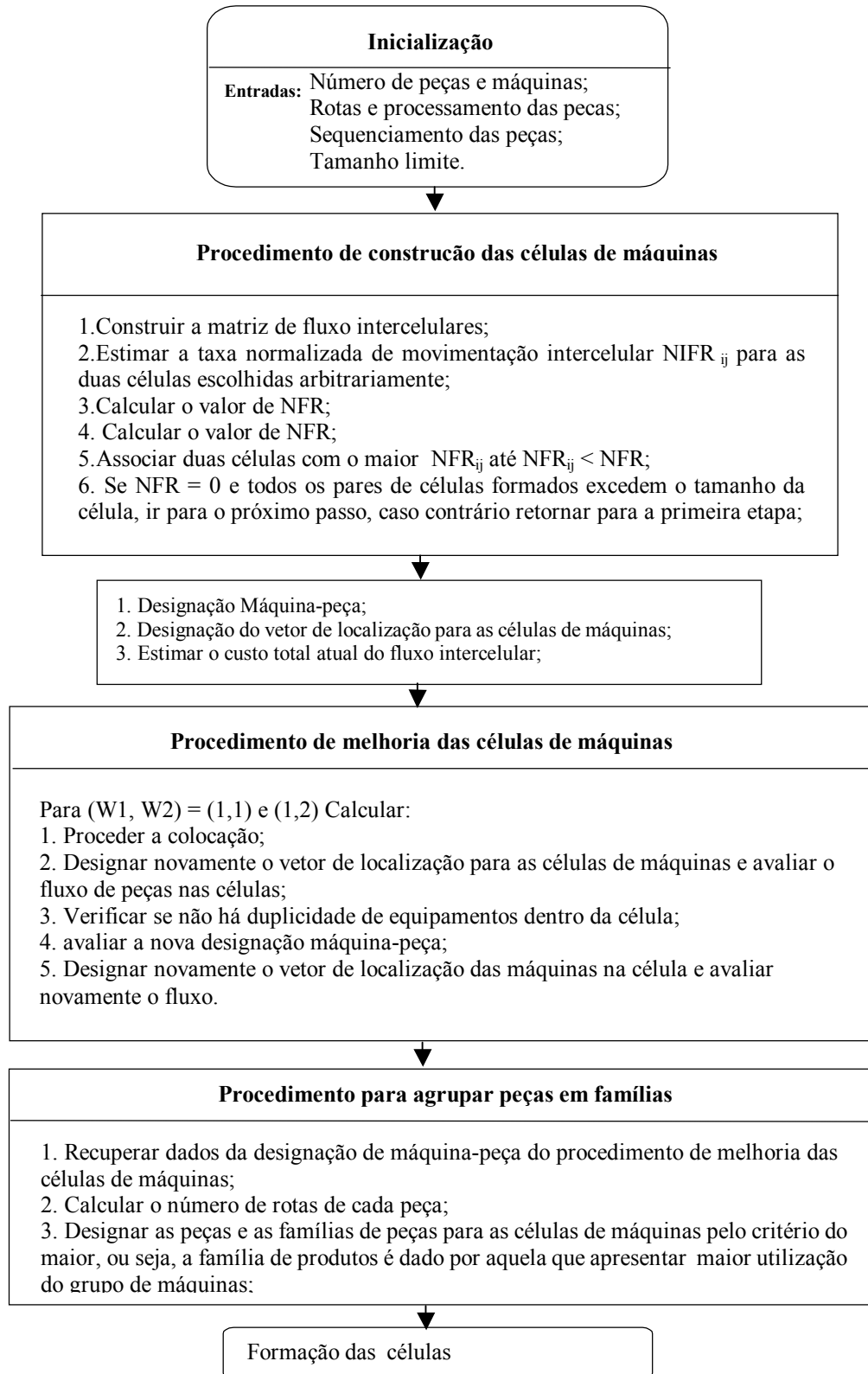


Figura 2.4 – Algoritmo para formação de célula, método heurístico (LEE e CHIANG, 2002).

YASUDA e YIN (2001) utilizam os conceitos da análise de grupo para formar células de manufaturas. A técnica consiste em mensurar a dissimilaridade entre pares de máquinas através de um coeficiente, chamado *AVV* (*average void value*). O algoritmo criado funciona da seguinte maneira:

- O primeiro passo é a construção da matriz *AVV*: a matriz *AVV* é construída com base em uma primeira matriz que relaciona máquina/peça, conforme mostra a **figura 2.5**. Nesta primeira matriz, cada peça processada por uma máquina é representada por peso 1, do contrário peso zero. A matriz *AVV* relaciona cada máquina com as demais. Assim, compara-se cada par de máquinas da seguinte maneira: se para uma determinada peça, uma das máquinas a processa e a outra não, o conjunto recebe peso um. Ao final, somam-se todos os pesos que expressam o quanto essas máquinas não são similares. A figura 2.6 mostra a matriz *AVV* obtida com este raciocínio.

		Peça								
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Máquina	M1					1	1		1	
	M2		1		1		1	1		
	M3	1		1		1				1
	M4		1		1			1		
	M5			1		1				1
	M6		1		1			1	1	
	M7	1		1		1				1

Figura 2.5 – Matriz Inicial: Peça x Máquina.

	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7
M 1		5	5	6	4	5	5
M 2			8	1	7	2	8
M 3				7	1	8	0
M 4					6	1	7
M 5						7	1
M 6							8

Figura 2.6 – Matriz dissimilaridade entre as máquinas –*AVV*.

- O segundo passo é encontrar o menor valor de AVV para um grupo de máquinas (a análise pode ser feita aos pares de máquinas) da matriz AVV . Caso ocorra um empate entre os valores, selecione um grupo de máquinas arbitrariamente.
- Após comparar e analisar os valores do AVV , o próximo passo é agrupar as máquinas em células. Caso o desejado número de células não for atingido, deve-se repetir os passos acima.

De modo a completar o algoritmo, as peças precisam ser alocadas para os grupos de máquinas determinados pelo algoritmo. Isto pode ser obtido alocando cada peça para um grupo de máquina que pode desempenhar o máximo número de operações.

2.4.3 Utilização do método de partição de *Graph*

O método de partição de grafos trata, no processo de formação de célula, as máquinas e as peças como pontos, ou nós, e o processo como sendo arcos que conectam esses nós. Esse modelo tem o objetivo de obter grupos separados de *subgraphs* de um *graph* máquina-máquina ou máquina-peça, de modo a identificar células de manufatura.

2.4.4 Utilização de Inteligência Artificial

Os métodos de formação de célula que se baseiam na inteligência artificial, se caracterizam por serem baseados nas características geométricas da peça e características do processo. As técnicas de formação de célula que se encaixam nesta classe, buscam mecanizar o processo de análise das peças e do processo para formação das células de manufatura. A diferença básica entre os métodos desta categoria depende do grau de automatização do processo produtivo.

Um exemplo da aplicação da inteligência artificial em projeto de células de manufatura pode ser encontrado na pesquisa desenvolvida por KUO *et al.*(2001). Neste trabalho, os autores desenvolveram um modelo que integra a teoria de *fuzzy set* com redes neurais para agrupar peças em várias famílias, baseado nas imagens capturadas em um sensor. O modelo proposto consegue reconhecer e comparar peças com algumas já em um base de dados *CAM (computer aided design)*. Deste modo, em um projeto ou fabricação de um novo produto, é possível reconhecer com certa precisão a similaridade entre o novo produto e algum já existente em uma base de dados.

2.4.5 Utilização de Programação Matemática

Os métodos de formação de células que utilizam a programação matemática podem ser divididos, de acordo com a formulação, nos seguintes grupos: Programação Linear (PL), Programação Inteira Linear ou Quadrática (PIL ou PLQ) e Programação Dinâmica (PD).

CHEN e HERAGU (1999) utilizam a programação matemática para resolver problemas que ocorrem em indústrias de grandes proporções. A técnica desenvolvida consiste em dividir o sistema em diversos subsistemas e utilizar a programação matemática para avaliar os subsistemas. A função objetivo da modelagem matemática representa o custo de movimentação e não utilização dos recursos, o qual se deseja minimizar.

2.5 Aplicação da simulação na manufatura celular

A Simulação de sistemas de manufatura pode ser definida como o processo de construção de um modelo lógico-matemático de um sistema real e experimentá-lo, normalmente com auxílio de um computador. A principal vantagem desta ferramenta é permitir obter conclusões sobre sistemas sem construí-los, se forem novos, e sem perturbá-los se existentes. Dentre os benefícios decorrentes da utilização da simulação, pode-se citar a avaliação e melhoria dos sistemas de produção, tais como maior utilização dos recursos necessários, redução de estoques em processos, maior velocidade e confiabilidade de entrega, menores custos operacionais, maior compreensão do sistema em razão da coleta de dados requerida pela simulação e melhor reflexão sobre determinados aspectos do sistema de produção, graças à construção do modelo (CHAN e JIANG, 1999; SANTORO e MORAES, 2000).

Para O’KANE *et al.* (2000), a principal vantagem da simulação é sua capacidade de se adaptar ao estudo de sistemas complexos, sendo possível conceber cenários e avaliar as estratégias de operação de tais sistemas. Deste modo a simulação tem sido aplicada para solucionar os seguintes problemas:

- Dimensionamento de recursos físicos e mão-de-obra: sistema de movimentação de materiais, “pulmões” de estoque e *mix* de produção.
- Avaliação do sistema: Determinação da capacidade de produção e do tempo de fluxo e identificação dos gargalos;

- Avaliação de decisões operacionais: Níveis de estoque, programas de produção, níveis de controle de sistemas automatizados, confiabilidade de atividades de manutenção e de controle de qualidade.

Dentre as aplicações da simulação na manufatura celular pode-se destacar o trabalho desenvolvido por AL-MUBARACK *et al.* (2002) que utilizaram a simulação para determinar a melhor configuração do *layout*, utilizando-se como principal parâmetro o tempo necessário para processar uma determinada família de produtos. Com a utilização da simulação, foi possível considerar no estudo, dentre outros fatores, a estrutura dos produtos e as regras de prioridades, que definem a prioridade de um produto em relação ao outro, caso os dois estejam em uma fila aguardando processamento.

SANTORO e MORAES (2000) aplicam a simulação para a otimização de uma célula responsável pela montagem de motores. O foco principal deste estudo de simulação foi a capacidade do sistema, representada pelo volume de produção por período de tempo. Para este sistema, a capacidade foi escolhida como variável principal porque apresentou relação direta com o custo do produto.

LEA e FREDENDALL (2002) utilizam a simulação para avaliar o *mix* de produtos em uma empresa, onde a capacidade de uma determinada célula é limitada. Os dados de entrada deste modelo de simulação incluíram, além das rotas dos produtos e tempo gasto nas operações e o sistema de contabilidade de custos adotado. Os resultados do trabalho mostraram que a estrutura do produto e o sistema de custos adotados têm influência no desempenho do sistema. Deste modo, para um sistema com restrições ou gargalos, a escolha do *mix* de produtos pode ser resolvida pela utilização da teoria das restrições, sistema de custeio baseado em atividade ou pela programação linear. Contudo, o estudo mostrou que a utilização da Teoria das restrições pode indicar um *mix* de produtos, mas estes não podem ser a resposta ótima para o sistema, ou seja, não maximiza o lucro. Já a programação linear fornece a resposta ótima, mas não considera o fato dos gargalos se deslocarem no sistema. Estes resultados só foram possíveis através do uso da simulação, considerando-se vários cenários.

De acordo com O’KANE *et al.* (2000), os critérios de medidas mais utilizados para análise das células de manufatura, em um estudo de simulação são: *Output*, *lead-time*, *work in process* e a porcentagem de utilização das máquinas e mão-de-obra.

Embora se tenha destacado as inúmeras vantagens da simulação computacional, ROBINSON (2002) afirma que para se obter benefícios é importante desenvolver uma simulação com qualidade. Segundo este mesmo autor, a qualidade em simulação é um conceito que é pouco compreendido. A maioria dos trabalhos sobre simulação se preocupa somente com a validação da simulação.

A qualidade de uma análise do sistema de produção, utilizando-se a simulação pode ser representado, segundo ROBINSON (2002), por três dimensões: **validade**, **credibilidade** e **aceitabilidade**. A validade é fortemente correlacionada com o propósito para o qual o modelo foi criado. Portanto, a validade pode ser definida como a capacidade do modelo fornecer respostas satisfatórias dentro do domínio no qual foi criado. O termo validade universal é deixado de lado, porque o modelo é construído dentro de um objetivo ou comportamento do sistema que se deseja estudar. A validação do modelo pode ocorrer através da comparação do modelo com o sistema real, considerando dados históricos ou analisando o modelo juntamente com pessoas que tem maior contato com o sistema (*Turing test*). A credibilidade já está ligada a tomada de decisão, com base nos resultados fornecidos pelo modelo de simulação. A aceitabilidade já envolve dois fatores: credibilidade e custo do projeto.

Deste modo, quando se aplica a simulação computacional na solução de um problema, a preocupação é que o modelo seja capaz de representar o sistema real (validade), proporcionando aos gestores segurança para a tomada de decisão, com base nos resultados da simulação (credibilidade), e, principalmente, que esta solução seja viável de ser implementada (aceitabilidade).

2.6 Avaliação da Configuração celular

Ao implementar o layout celular, uma das preocupações deve se referir à avaliação da configuração proposta. MOLLEMAN *et al.* (2002) discutem a existência de várias pesquisas enfocando o processo de implantação do layout celular e apontam algumas mudanças ocorridas em uma fábrica, decorridos treze anos desde a implantação do layout celular. As conclusões encontradas mostram que o sistema sofre mudanças substanciais provocadas pelo mercado e pelo avanço tecnológico. MOLLEMAN *et al.* (2002), ainda afirmam que é necessária a aplicação de sistemas de controle da produção para verificar as mudanças necessárias no sistema celular, de

modo que as medidas adotadas não venham a surpreender a organização com um baixo desempenho.

AKHRIGT e KROLL (1998) destacam que a avaliação do layout celular pode ser realizada considerando três dimensões: Flexibilidade, Qualidade e Custo. Deste modo, ao se utilizar um índice para analisar o desempenho de uma determinada configuração celular, este índice deve refletir uma destas dimensões do sistema. LIN e SHARP (1999) alertam para o fato que na utilização dos índices estes devem ser fáceis de serem utilizados e interpretados, mas isto não implica que sejam fáceis de desenvolver.

Para LOPES (1998), flexibilidade tem muitos atributos, dando origem a vários tipos de flexibilidade, que podem relacionar entre si afetando o desempenho da organização. Deste modo, MOHAMED *et al.* (2001) apontam alguns tipos de flexibilidade em um sistema celular:

- Flexibilidade de máquina: A flexibilidade de máquina está ligada à capacidade da máquina em desempenhar um conjunto de operações necessárias para o processamento de um produto. Decorrente da flexibilidade de máquina surge a flexibilidade operacional, que corresponde à habilidade do sistema em ajustar mudanças no *mix* de produtos e demanda por tipo de peça. Deste modo, a capacidade do sistema em responder a estes distúrbios é resultante de rotas e na capacidade flexíveis. BAYKASOGLU *et al.* (2001) comentam o fato das pesquisas que abordam a formação das células de manufatura, em sua grande maioria, não levam em consideração a flexibilidade das máquinas. Considerando a flexibilidade das máquinas no processo de formação da célula, se obtêm um sistema com alta utilização dos equipamentos.
- Flexibilidade de rota: A flexibilidade de rota pode ser definida como a habilidade do sistema em processar peças em rotas alternadas. A utilização de rotas alternadas ou flexíveis, segundo CHEN *et al.* (1999), é um dos meios de evitar a duplicidade de equipamentos em uma célula com máquinas de baixa flexibilidade.

Para OLORUNNIWO e UDO (2002), a dimensão qualidade e custo estão relacionados em um layout celular. Segundo os mesmos autores, a capacidade da empresa em produzir produtos de alta qualidade, dentre outros, é medida pelos índices de refugo e retrabalho. KAPLAN e COOPER (p 62, 2000) citam como medidas de qualidade de processo índices de defeitos do processo (dados em PPM, partes por milhão), desperdício, sucata, devoluções e percentual de processos que passam pelo controle estatístico do processo. Citam ainda a abordagem da

Motorola, que partindo da filosofia *Total Quality Management (TQM)*, adotou a abordagem seis sigma, o qual procura reduzir a variabilidade dos resultados dos processos, cujo alvo é atingir 3,4 defeitos por milhão de itens processados. Portanto, a organização pode incorrer em custos, denominados custos da qualidade, os quais são investimentos realizados em projetos para aprimorar os processos reduzindo refugo, retrabalho e, principalmente assegurando que o produto está de acordo com as especificações dos clientes, conferindo, assim, valor agregado aos produtos.

2.7 Considerações Finais

A importância dada à pesquisa no campo da manufatura celular, segundo SELIM *et al.* (1997), tem sofrido uma constante variação no foco do estudo. LIAO *et al.* (1999) destacam muitas pesquisas focalizando o projeto de formação de células de manufatura, utilizando-se de muitas técnicas, já descritas anteriormente. Contudo, RIOS *et al.* (2002) destacam a importância de se levar em consideração aspectos econômicos no projeto de células de manufatura e, principalmente, na administração dos recursos consumidos pela célula. Deste modo, a utilização de sistemas de gerenciamento que utilizam medidas financeiras e não-financeiras assume um importante papel neste ambiente. Neste contexto, a gestão baseada em atividade surge como uma ferramenta capaz de alocar os custos de forma precisa e utilizar esta informação, juntamente com as medidas de desempenho não-financeiras, para o gerenciamento da configuração celular de manufatura.

A Gestão Baseada em Atividade

3.1 Considerações Iniciais

A necessidade de conhecer e gerenciar cada vez melhor os processos e os recursos por eles consumidos tem feito as organizações adotarem sistemas de gestão que enfoquem as atividades desempenhadas. Estes sistemas devem possibilitar uma visão detalhada dos processos, medir o desempenho do sistema e agregar informações relevantes para a tomada de decisões. A Gestão Baseada em Atividade é um sistema capaz de fornecer informações para gerenciamento da organização por meio da gestão das atividades, através da análise de valor e do custo das atividades. Portanto, esta parte da revisão bibliográfica destinada a gestão baseada em atividade apresenta a conceituação da ABM; define o termo atividade; apresenta o sistema ABC, método utilizado para levantar o custo das atividades; e as medidas de desempenho e a análise de valor das atividades. Finalmente, são definidas algumas etapas para utilização da ABM, que serão utilizadas para a construção da abordagem metodológica de utilização da ABM em empresas organizadas em mini-fábricas.

3.2 Definindo Gestão Baseada em Atividade

Para BIAGGIO *et al.* (1999), a crescente preocupação das empresas em otimizar a utilização dos seus recursos procurando, em seu processo produtivo, aumentar o valor de seu produto e conseqüentemente satisfazer seu cliente tem feito as organizações se preocuparem cada vez mais com o gerenciamento de recursos e atividades. Segundo os mesmos autores, neste contexto, a ABM (*Activity Based Management*) assume um papel estratégico que, juntamente com outros fatores, busca aumentar a competitividade da empresa minimizando os desperdícios. Deste modo, a ABM realiza a tarefa de não só levantar o custo do produto, mas gerenciar a produção salientando as atividades de acordo com seu impacto no produto, ou seja, classificando-as em atividades que agregam valor e atividades que não agregam valor.

Com a utilização da ABM, segundo afirma ACCIOLY (1999), a empresa muda sua visão em relação aos custos de fabricação de um produto. A organização passa a gerenciar seus custos e processos de maneira completa, ou seja, voltada totalmente para o cliente a empresa busca melhorar continuamente seu processo de fabricação de modo a maximizar seus recursos e racionalizar seus produtos.

A gestão baseada em atividades (ABM) é vista como um sistema avançado na gestão de custos, que surgiu decorrente da necessidade dos gerentes em obter respostas para tomada de decisões em um ambiente afetado por novas tecnologias com forte inclinação aos sistemas de gestão, tais como, *Total Quality Management (TQM)* e a manufatura *Just in Time (JIT)*. Pela ABM, a empresa procura tornar visíveis os desperdícios para depois tomar as decisões de melhoria dos processos e atividades. Segundo BIAGGIO *et al.* (1999), a ABM pode ser definida como um novo paradigma para a questão da gestão de custos que possui como objetivo melhorar a atividade de redução de custos e ajudar a empresa a obter ganhos de produtividade. Portanto, pode-se dizer que a ABM é um método de gerenciamento que questiona os processos e as atividades existentes e avalia a forma eficiente de como eles devem ser conduzidos de modo a atingir quatro objetivos: reduzir custos, diminuir o ciclo de tempo de processo, melhorar a qualidade, agregar valor ao cliente, em termos de serviço e flexibilidade.

A gestão baseada em atividades opõe-se a idéia que se tinha acerca da área de custo, que até então era tratada como uma caixa preta, privilégio do setor de custos da empresa, passa agora a ser entendida e analisada pelas pessoas que fazem acontecer os custos, sem serem ‘experts’ no assunto. Portanto, pode-se confrontar as atitudes existentes na gestão empresarial e os novos paradigmas gerados pela ABM, que pode ser observado na **figura 3.1**, ficando explícita a necessidade deste sistema no ambiente atual.

A gestão baseada em atividade, ABM, é também conhecida como *focused management*, porque permite aos gestores a visão focalizada dos problemas que ocorrem em nível operacional. Problemas relacionados com a criação de valor para os clientes, que podem ser internos ou externos, e os que ocorrem em nível de decisões de natureza econômica, relacionado com a otimização do retorno dos investimentos realizados para a fabricação de um determinado produto. O sistema ABM apóia-se em quatro princípios básicos: visão da análise de linhas de produtos e serviços; visão de análises de clientes; visão de análise organizacional e visão de análise de processos e negócios.

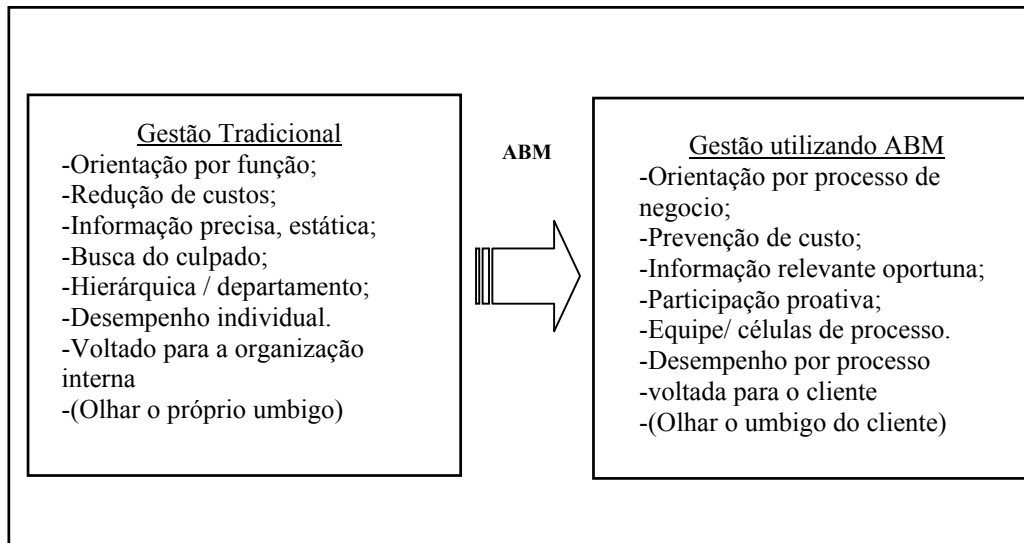


Figura 3.1 – Mudanças de paradigmas geradas pela ABM (BIAGGIO *et al.*, 1999).

Para que a ABM forneça bons resultados, BIAGGIO *et al.* (1999) afirmam que é necessário utilizar corretamente as suas ferramentas. GUPTA e GALLOWAY (2001) afirmam que o sistema ABM utiliza o custo de produção, que é medido pelo consumo de recursos para atender a demanda por um certo produto fornecido ao mercado. Segundo os mesmos autores, a empresa deve possuir um sistema de custos capaz de colocar em evidência as atividades que consomem recursos durante o seu processo produtivo. Levantados os custos de cada atividade, é necessário verificar se estas atividades trazem retorno em termos de valor agregado aos produtos.

3.3 Processos e Atividades

Para desenvolver ou aplicar sistemas de gerenciamento de processos é necessário definir e entender os processos e as atividades que o compõe. Para VILLELA (2000), processo é uma ordenação específica das atividades de trabalho no tempo e no espaço, com um começo e um fim identificados, assim como os *inputs* e *outputs*. Segundo o mesmo autor, os processos seguem uma hierarquia, conforme mostrados na **figura 3.2**. Deste modo, o nível de detalhamento do trabalho se encaixa em uma destas definições:

- Macroprocesso: Processo que envolve mais de uma função na estrutura organizacional, e a sua operação têm um impacto significativo no modo como a organização funciona;
- Processo: Conjunto de atividades sequenciais (conectadas), relacionadas e lógicas que tomam um *input* do fornecedor, acrescentam valor e entregam um *output* para um cliente;

- Subprocessos: Uma parte inter-relacionada de forma lógica com outro subprocesso, realizando um objetivo específico em apoio ao macroprocesso e contribui para o objetivo deste;
- Atividades: São elementos do processo ou subprocesso. Geralmente são desempenhadas por uma unidade (pessoa ou departamento) para produzir um determinado resultado;
- Tarefa: Constitui o menor microenfoque do processo, podendo ser um único elemento ou um subconjunto de uma atividade.

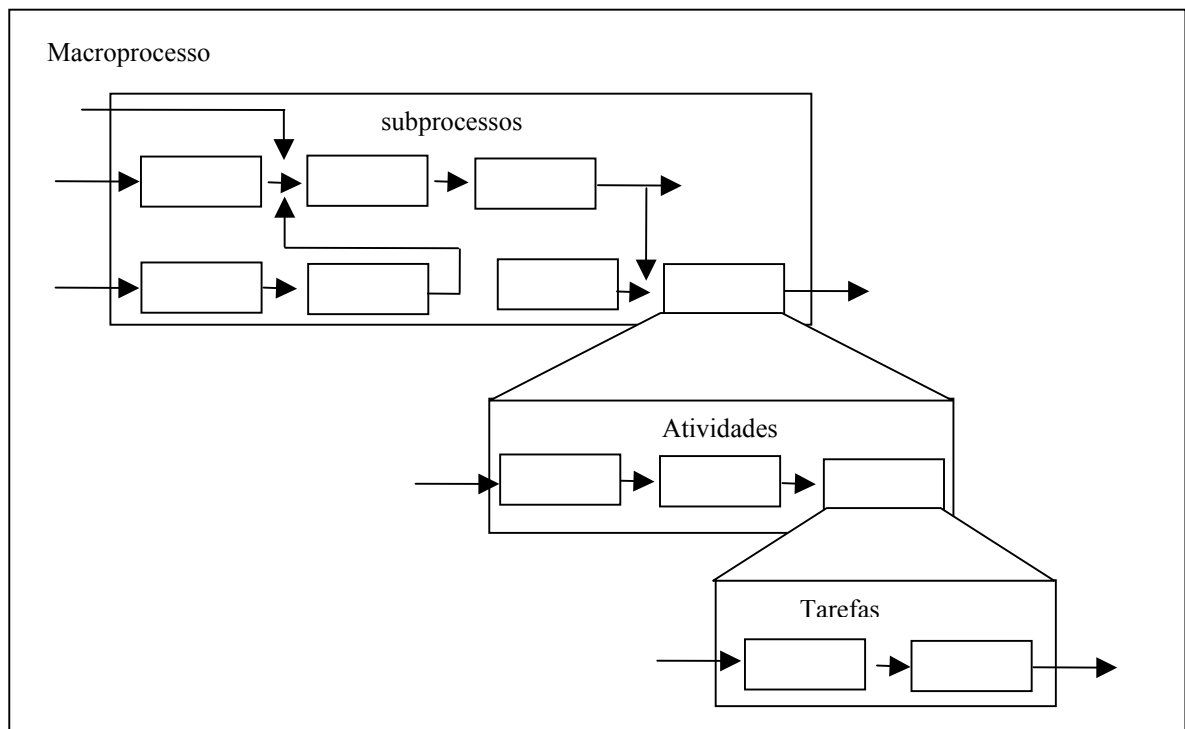


Figura 3.2 – Componentes do processo (HARRINGTON, 1993).

ROHLEDER e SILVER (1997) afirmam que o processo de melhoria da organização começa pelo entendimento dos processos e, principalmente, das atividades que o compõe. Deste modo, SPEDDING e SUN (1999) afirmam que o conhecimento onde as atividades se processam é importante tanto para alocar recursos quanto para iniciar o processo de melhoria. Portanto, as atividades podem ser classificadas nas seguintes categorias:

- Atividades com nível de unidade: Desempenhadas a cada vez que uma unidade do produto é produzida;

- Atividades com nível de lote: Atividades desempenhadas cada vez que um lote de produtos é fabricado. O *setup* de uma máquina é exemplo de uma atividade com nível de lote;
- Atividades com nível de produtos: Atividades desempenhadas para cada linha de produtos. Um exemplo seria as atividades da área de projeto e marketing dos produtos.

ACCIOLY (1999) afirma que uma ferramenta de grande importância para a compreensão dos processos é o mapeamento do processo através de fluxograma, porque permite a visualização do inter-relacionamento das atividades da cadeia produtiva. Kaplan e Cooper (2000) afirmam que as principais ferramentas para um sistema de gestão de atividades são o custeio baseado em atividades e a análise de valor do processo. A **figura 3.3** ilustra a estrutura conceitual da gestão baseada em atividade, sendo que a visão vertical fornece o custo dos processos e produtos e a visão horizontal fornece a análise dos processos da empresa.

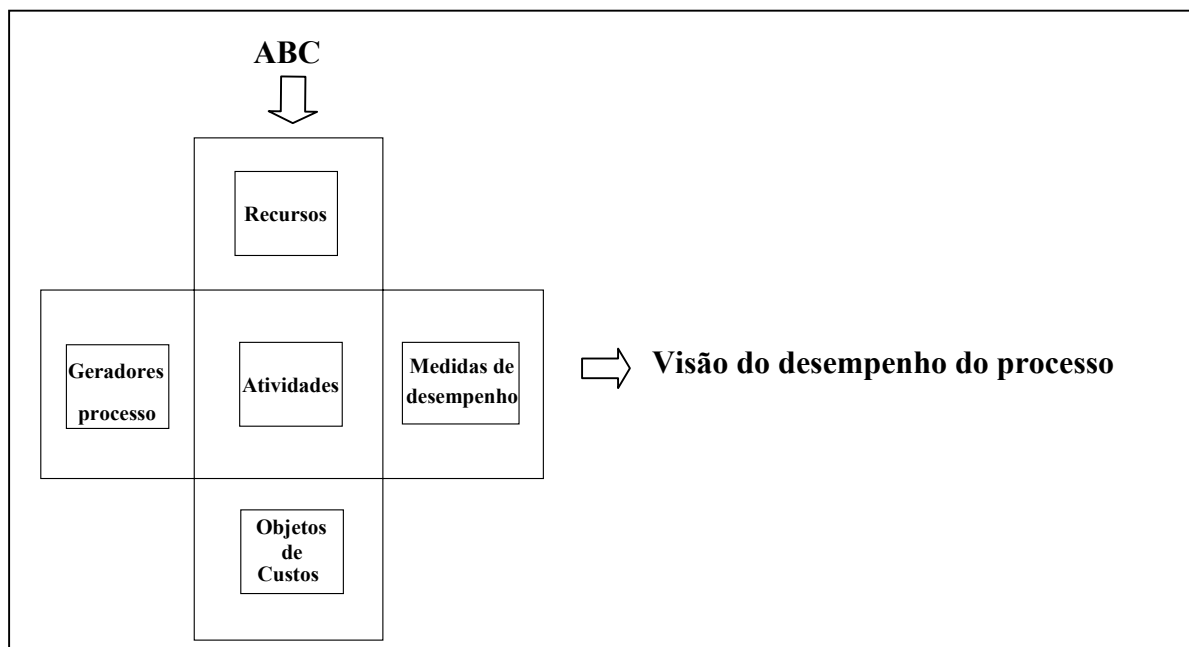


Figura 3.3 – Estrutura conceitual da gestão baseada em atividade (KAPLAN e COOPER, 2000).

3.4 Custeio Baseado em Atividades (ABC)

O custeio baseado em atividades (ABC), como “espinha dorsal” da ABM, vem sendo reconhecido como elemento indispensável à implementação com sucesso de reengenharia de processo, gestão de processo de qualidade total, decisões de investimentos em tecnologias avançadas de produção e avaliação de desempenho operacionais que tornem a empresa *World*

Class. Para a manufatura celular, DATAR *et al.* (1991) afirmam que é necessário apurar os benefícios com este tipo de arranjo e que a utilização do ABC pode proporcionar melhor mensuração destas vantagens, principalmente ao alocar recursos peculiares a determinadas famílias de produtos. Nos ambientes híbridos, onde se combinam mais de um tipo de layout, o ABC pode ser utilizado como ferramenta para a avaliação do consumo diferencial de recursos sob configurações alternativas de layout.

Dentre as muitas pesquisas a respeito do ABC, pode-se destacar o trabalho desenvolvido por ITTNER *et al.* (2002). Segundo uma *Survey* desenvolvido pelos autores, a adoção do ABC está associada positivamente com o desempenho financeiro e operacional. As influências mais fortes deste sistema de custeio são sobre a qualidade e tempo de ciclo de produção. Embora, para ITTNER *et al.* (2002), o ABC não se mostre significante para as medidas financeiras ROA (*return over assets*), que são os retornos por conjunto de recursos aplicados, caso seja utilizado como uma ferramenta de melhoria do processo pode ter substanciais efeitos indiretos sobre os custos da manufatura, através da melhoria da qualidade e do ciclo de tempo.

3.4.1 Histórico e Conceituação do ABC – *Activity Based Costing*

A técnica tradicional de alocação de custos aos produtos, utilizados há décadas atrás, quando as empresas produziam uma pequena variedade de produtos, pode hoje resultar em informações distorcidas a respeito do custo de fabricação de um produto (GUNASEKARAM e SARHADI, 1998). No sistema tradicional, segundo HELBERG *et al.* (1994), os custos são alocados proporcionalmente ao consumo de matéria prima e/ou tempo de fabricação. Isto pode significar que um produto de baixa tecnologia que requer alto tempo de montagem pode agregar em si um custo maior que um outro que envolve maior complexidade no projeto, compra e controle de qualidade. Esta falha do sistema tradicional de custeio, segundo afirma o mesmo autor, é ainda mais agravada pelas transformações tecnológicas que o ambiente de produção vem sofrendo, onde a maioria dos custos indiretos não é facilmente alocável.

O ABC foi introduzido por Kaplan e Cooper como uma alternativa à tradicional técnica de contabilidade em 1980. O método ABC envolve a partição do sistema em atividades individuais e levanta o custo da quantidade de tempo e recursos gastos em cada atividade na fabricação de um produto (SPEDDING e SUN, 1998). Portanto, a proposta do *Activity-Based Costing* é focalizar a causa atrás dos custos indiretos de fabricação. Deste modo, o ABC estabelece a relação causal

entre os diferentes custos incorridos nas atividades e os produtos finais, conforme mostra a **figura 3.4**, e assim atribui os custos das atividades indiretas para os diferentes produtos. Como resultado, o sistema ABC melhora a acuracidade da alocação de custos para as peças ou produtos fabricados através do uso de apropriados direcionadores de custo (RASMUSSEN *et al.*,1999).

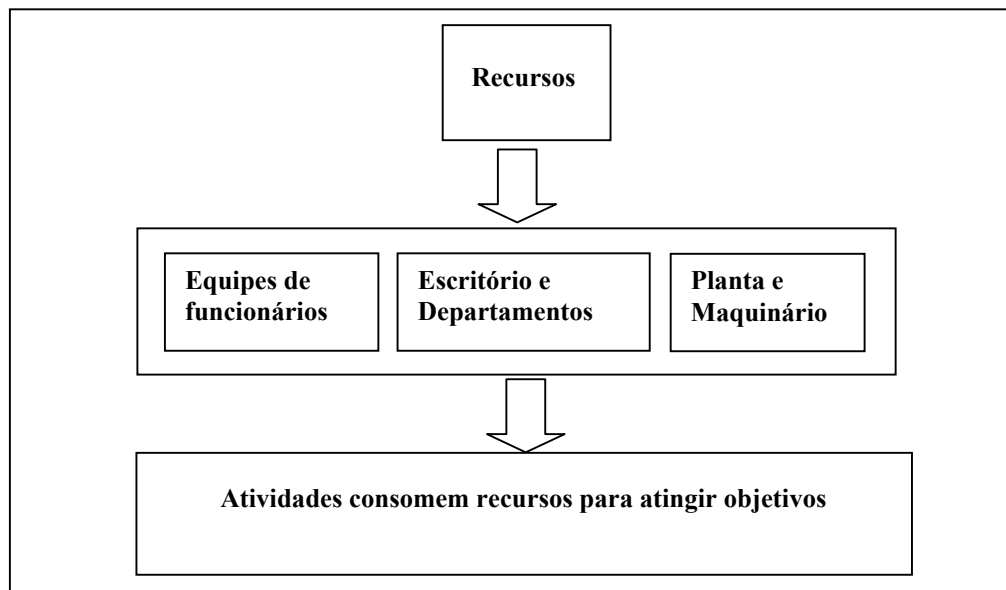


Figura 3.4 – ABC é baseado no entendimento de como as atividades utilizam os recursos (SPEDDING *et al.*, 1999).

SCHNEEWEISS (1998) destaca que o ABC não é somente uma técnica de alocação de custos, mas também não pode ser visto como única ferramenta de planejamento aplicada a todos os departamentos da empresa. Contudo, segundo o mesmo autor, o ABC abre a possibilidade para aplicação de outros sistemas de gerenciamento da produção e operação da indústria. Um exemplo da aplicação do ABC, no ambiente de operações, é apresentado por KEE e SCHMIDT (2000). Segundo os autores, o ABC fornece informações quanto a decisão a respeito do *mix* de produtos a serem fabricados considerando as restrições quanto a mão de obra e contenção de custos indiretos.

3.4.2 Estrutura geral do sistema ABC

O princípio básico do sistema ABC, segundo GUNASEKARAM (1999), é identificar as atividades de uma organização e calcular o custo de cada atividade e, então o custo do produto baseado no consumo das atividades. A **figura 3.5** mostra a relação entre os componentes do sistema ABC.

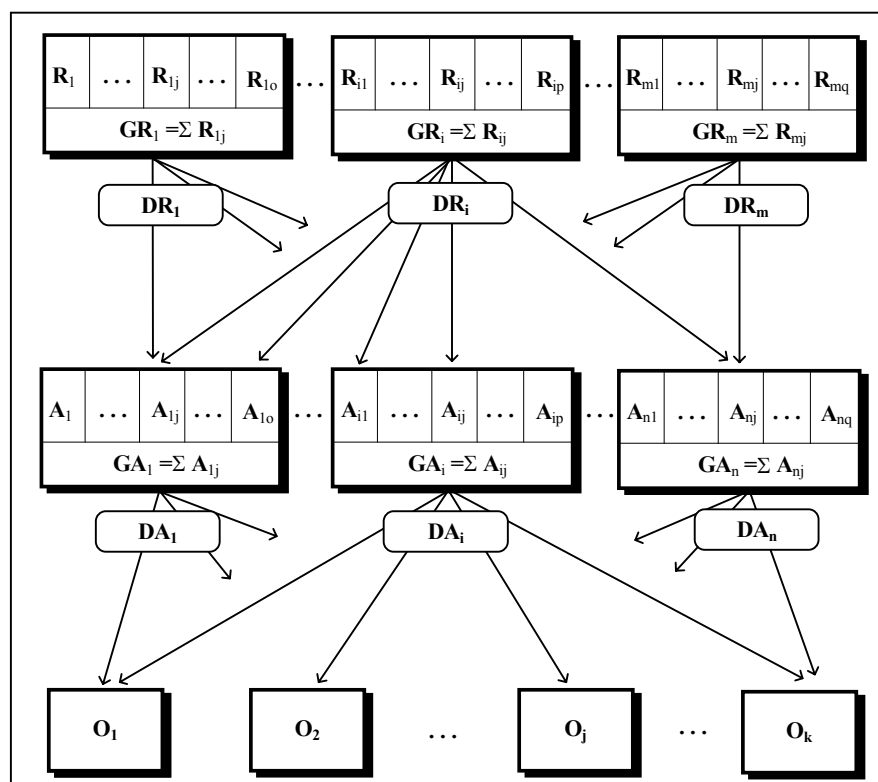


Figura 3.5 – Estrutura geral de um sistema ABC (PAMPLONA, 1997).

Na **figura 3.5**, pode-se definir GR_i como o grupo de recursos i , do conjunto de recursos fornecidos ao sistema em que se está implantando o ABC. Um recurso j do grupo de recursos i é representado por R_{ij} . O direcionador de recursos do grupo de recursos i é representado por DR_i . As atividades são agrupadas formando o grupo de atividades i , denominado GA_i . Uma atividade qualquer j do grupo de atividades i é representada por A_{ij} . O direcionador de atividades do grupo de atividades i é denominado DA_i . Finalmente, o objeto de custo j é representado por O_j .

A dinâmica do sistema ABC consiste em verificar a relação causal entre o grupo de recursos (GR) e o grupo de atividades (GA), através de direcionadores de recursos (DR) e expressar o consumo destas atividades pelo objeto de custos (O), através da utilização dos direcionadores de atividades (DA). Portanto, a acuracidade do custo do produto depende da definição dos direcionadores de custos, responsáveis por alocar o custo às atividades (primeiro estágio) e das atividades para os produtos que consomem estas atividades (segundo estágio) (LEA e FREDENDALL, 2002).

Para MARTINS (p 104, 1998) os direcionadores de recursos, responsáveis por alocar os custos às atividades, respondem a pergunta: “Como é que as atividades se utilizam deste recurso?”. Por exemplo, a questão: “Como a atividade *comprar materiais* consome *materiais de escritório*?” pode ser respondida através das requisições feitas ao almoxarifado. Deste modo, as requisições de material identificam as quantidades utilizadas do recurso *material de escritório* para realizar atividade *comprar materiais*. Dúvidas na escolha dos geradores ou direcionadores de recursos podem surgir, contudo deve-se levar em consideração duas características principais. A primeira característica é a relação lógica entre o direcionador e a atividade. A segunda característica é a facilidade na obtenção de dados, os quais possam ser tratados estatisticamente, permitindo associar os custos as atividades (OSTRENGA *et al.*, p 184, 1993).

KAPLAN e COOPER (p 109, 2000) afirmam que, depois de levantados os custos das atividades, a ligação entre os objetos de custos e as atividades é feita através dos direcionadores de atividades. Para os mesmos autores, o direcionador de atividade é uma medida quantitativa do resultado de uma atividade. A característica crítica para um direcionador de atividades é sua capacidade de refletir a demanda que um objeto de custo coloca sobre a atividade em relação a outros objetos (Gestão Total de Custos, pp 197, 1993).

GUNASEKARAM e SINGH (1999) propõem um roteiro para utilização do ABC em um estudo de caso realizado em uma pequena indústria localizada em Essex, Inglaterra. Primeiramente, são identificadas as atividades, podendo ser agregadas em um único grupo. A etapa seguinte consiste em identificar os direcionadores de recursos primários e os direcionadores de segundo estágio ou direcionadores de atividades. A última etapa consiste em identificar os objetos de custos, que podem ser os produtos, ou uma família de peças.

A decisão acerca do nível de detalhe das atividades depende da acuracidade requerida do custo do sistema. As atividades definidas na pesquisa de GUNASEKARAM e SINGH (1999) foram identificadas e classificadas em grupos, conforme a figura 3.5, como por exemplo: grupo de atividades da produção o qual incluiu atividades relativas ao processamento dos produtos, tais como torneamento, fresamento e montagem; grupo das atividades suporte, que são responsáveis pelo marketing, compra de material e inspeção. Para a empresa estudada, por exemplo, a atividade de transporte de material foi custeada com base no direcionador de custo *número de movimentação*, ou seja, quantidade de recursos consumidos por cada movimentação de material por dia. O elemento chave do custo da atividade de movimentação de material são o custo da

mão-de-obra ligada a esta atividade e o custo gerado pela obsolescência ou danificação do material.

Os Direcionadores de segundo estágio ou direcionadores das atividades, na **figura 3.5**, DA_i , é um medidor da frequência e da intensidade da demanda requerida sobre cada atividade pelo objeto de custo. O direcionador das atividades é o elemento de ligação entre o objeto de custo e as atividades que representam oportunidades para melhoria nos produtos. A escolha do direcionador de atividade pode ser baseada em entrevistas com os membros do departamento de contabilidade e com pessoas ligadas diretamente à produção. No estudo de caso realizado por GUNASEKARAM e SINGH (1999), os objetos de custos foram divididos em dois tipos: as peças e o produto final. O objeto de custo *peça* é usado para obter uma informação detalhada para a decisão de compra ou fabricação de um produto. O objeto de custo *produto* é usado para obter uma informação detalhada do custo de um produto final. O objeto de custo ideal é o “produto” que será vendido para o cliente.

Um ponto importante no sistema ABC é verificar que o agrupamento incorreto de recursos, atividades, e a escolha de um direcionador não representativo podem afetar o que o ABC possui de maior benefício: a precisão (PAMPLONA, 1997). Contudo, se os direcionadores, recursos e atividades, forem escolhidos corretamente os problemas serão minimizados e o ABC cumpre seu papel de ferramenta de melhoria contínua da empresa, com base na utilização racional dos recursos.

3.5 A Análise de Valor do Processo

A análise de valor é um passo importante na empresa, através desta análise obtém-se a exposição dos pontos necessários de melhoria. Juntamente com as informações fornecidas com o ABC a respeito do custo dos processos, a análise de valor procura reduzir os recursos dedicados à realização das atividades que não criam valor para os clientes (KAPLAN e COOPER, p173, 2000). A análise de valor do processo de uma organização fornece quais são os pontos chaves em que a empresa deve se concentrar quando busca corrigir uma possível falha. Contudo, deve-se levar em consideração que esta ferramenta tem um propósito maior: auxiliar a tarefa de gerenciamento de uma indústria em seus vários níveis (VILELLA, 2000).

Para MILES (1970) “*Valor representa a medida correta da aplicação dos custos ocasionados, é o mínimo esforço que se precisa para gastar na compra ou fabricação de um produto ou serviço,*

para criar os fatores adequados de uso e estima”. Valor é definido na literatura como o equilíbrio entre a percepção do bem recebido pelo cliente e os sacrifícios incorridos na compra de um produto. Deste modo, algumas vezes o termo valor assume uma dimensão intangível ao ser definido em termos da necessidade do cliente. Portanto, o maior problema na análise de valor é detectar o que seria um produto de valor agregado aos olhos do cliente. Muitos autores costumam relacionar valor do produto de acordo com seus atributos, tais como desempenho e preço (CHERNATONY *et al.*, 1998).

Para a fabricação de um produto, são necessárias muitas operações, por exemplo, uma indústria que produz peças fundidas, realiza durante seu processo de fabricação várias atividades, tais como compra de matéria-prima, compra de insumos para fabricação do molde, torneamento, polimento das superfícies e acabamento. Deste modo, se o cliente exige uma peça com determinada dimensão, rugosidade e características mecânicas, este cliente estabelece interdependência entre as atividades, de modo que as operações ou atividades individuais do processo, realizadas conforme especificações, fornecem um produto que atende suas necessidades, ou seja, estabelece uma cadeia de valor responsável um produto de alto valor agregado.

O principal objetivo da análise da cadeia de valor é identificar oportunidades para melhorar o desempenho da empresa de forma durável. Esta técnica é adequada quando a empresa verifica que parte do trabalho executada pode ser desnecessária ou redundante e o tempo e/ou custo empregados para fabricação de um produto parece desproporcionalmente alto em relação ao retorno que ele traz para a empresa.

3.5.1 Análise de valor no ambiente de Operações

Segundo KAPLAN e COOPER (p 64, 2000), a influência dos sistemas de gestão da qualidade total e, principalmente, a competição baseada no tempo, praticada pelas empresas japonesas, levou muitas delas a complementar as medidas de custos e finanças, com indicadores de qualidade e tempo de ciclo. Contudo, deve-se salientar que além dessas medidas devem ser adotadas medidas que avaliem o *mix* de produtos e processos da empresa, alternativas que avaliem a flexibilidade do sistema de produção para as características específicas dos produtos e serviços, e que gerem valor para os clientes.

Grande parte dos clientes dá grande importância ao tempo de ciclo curto (medido desde o momento em que o pedido é enviado à empresa até o momento em que o produto/serviço é recebido). Deste modo, as empresas podem adotar duas formas para cumprir o prazo estipulado pelo cliente: produzir e manter grandes estoques para garantir o pronto atendimento aos pedidos dos clientes ou garantir a qualidade dos processos de produção e processamento dos pedidos, com eficiência, confiabilidade, sem defeitos e com ciclos curtos capazes de atender rapidamente os clientes.

A segunda alternativa leva a custos mais baixos e proporciona melhor atendimento ao cliente em termos de prazo e qualidade dos produtos. Assim, a maioria das empresas está abandonando a primeira forma de produzir (produzir grandes lotes, inclusive para estoque) e estão aderindo à segunda alternativa (*just-in-time*), no qual a redução do ciclo ou *throughput* passa a ser um objetivo crítico juntamente com a qualidade do produto e o custo do processo.

3.5.2 Medidas de tempo de ciclo

Os tempos de ciclo podem ser medidos de várias formas, sendo que o início do ciclo pode ser o instante em que: o pedido do cliente é recebido, o pedido do cliente ou lote de produção é programado; as matérias-primas são requisitadas para o pedido ou o lote de produção, as matérias-primas são recebidas ou a produção do pedido ou o lote é iniciada. Do mesmo modo, o final do tempo do ciclo pode corresponder ao instante em que a produção do pedido foi concluída, o lote está estocado na forma de bens acabados, prontos para serem despachados e recebidos pelo cliente.

Para alguns autores, a escolha dos pontos de início e término é determinada pelo alcance do processo operacional, com objetivo de redução de ciclo. Utilizando uma definição mais ampla, o ciclo corresponderia ao atendimento total do pedido, teria início com o recebimento do pedido e finalizaria com o recebimento do produto pelo cliente. Para uma definição mais restrita, observando-se somente o fluxo físico dos materiais em processamento, poderia se adotar como início o momento em que o lote entra na produção e finaliza quando a produção for concluída (GRIFFITHS *et al.*, 2000; SELEN e ASHAYERI, 2001; COLMANETTI, 2001). Contudo, independente da definição utilizada, a empresa deve medir continuamente os ciclos e fixar metas para a redução destes. Uma medida muito utilizada pelas empresas, comentada por KAPLAN e

COOPER (p 64, 2000), é a eficácia do ciclo de produção, definida pela **equação 3.1**, com auxílio da equação 3.2:

$$ECP = T_p / T_t \quad (3.1)$$

$$T_t = T_p + T_i + T_m + T_e + \dots \quad (3.2)$$

Sendo:

ECP = Eficácia do ciclo de produção;

T_p = Tempo de processamento;

T_t = Tempo de *Throughput*, tempo total gasto na fabricação do produto;

T_i = Tempo de inspeção;

T_m = Tempo de movimentação;

T_e = Tempo de espera e estocagem;

O valor de ECP resultante é menor que 1.

Quando a empresa se depara com tempos de processamento muito inferiores ao tempo de *throughput*, significa que do tempo total apenas uma pequena parcela é consumida por atividades que realmente agregam valor ao cliente, e o restante do tempo é consumido em espera, movimentação, transporte, estocagem e inspeção. Para um fluxo de processo ideal como o *JIT*, com meta de zero defeitos, o tempo de processamento seria igual ao tempo de *throughput*, assim ECP seria igual a 1. A teoria que se tem por trás do ECP, é que todo tempo consumido por atividades, além das existentes e necessárias ao processamento, é um tempo desperdiçado por não aperfeiçoar a forma do produto, ou seja, não agrega valor ao produto.

3.5.3 Medidas da qualidade no processo

No cenário atual, a maioria das empresas já lançou iniciativas e programas para a Qualidade. A medição é parte fundamental para a manutenção de programas desse tipo. Deste modo, os indicadores mais familiares são: taxas de defeitos em peças por milhão, índice de acerto (quociente de itens corretamente produzidos em relação aos itens processados), desperdícios,

perdas, retrabalho, devoluções e cartas de controle de processos. Deste modo, a organização está quantificando a expectativa do cliente quanto à qualidade do produto, o que facilita muito na hora em que se vai tomar alguma decisão em relação a um determinado processo ou operação com o objetivo de melhorar o valor do seu produto (GRIFFITHS *et al.*, 2000).

3.5.4 Medidas de custo dos processos

Os sistemas tradicionais medem as despesas e a eficiência das tarefas realizadas, em departamentos isolados, através de centros de custos, mas não medem os custos dos processos. Normalmente, processos como processamento de pedidos compras ou planejamento e controle da produção, utilizam-se de recursos e atividades de vários centros de responsabilidades. Assim, é necessário utilizar um sistema de custeio adequado, que evidencie as atividades, que por sua vez são medidas pelos indicadores, tais como, tempo de ciclo ou *throughput* e os de qualidade (índice de refugo e retrabalho) (ITTNER *et al.*, 2002).

3.5.5 Estrutura da análise de valor

A análise de valor possui uma estrutura flexível e adaptável a um grande número de organização. Porém, pode-se estipular alguns passos gerais a serem seguidos quando se trabalha com a análise de valor. A seleção de um processo para análise consiste no ponto de partida para a análise de valor. Geralmente tem-se em mente algumas possíveis melhorias no processo que se deseja analisar. A determinação do tempo de ciclo do processo escolhido é a próxima etapa, quando se deseja reduzir o tempo necessário para execução do processo. A análise de valor do processo é completada através da divisão do processo em subprocessos, operações e atividades para estimar o custo de cada atividade, através do ABC.

O passo essencial dentro da análise de valor é a estimativa do valor agregado das atividades, sendo fundamental na elaboração de um plano de aperfeiçoamento da atividade. É com base nesta classificação que os outros passos se iniciam. As atividades que agregam valor aos olhos do cliente são classificadas como sendo de valor agregado (VA). As atividades que não o fazem, são classificadas como sendo de não adição de valor agregado (NVA). Para distinguir uma atividade VA de uma NVA, verifique o que ocorreria se deixasse de se realizar esta atividade (o cliente vai se importar ou notar?). Realizadas estas classificações, os esforços se concentram em: encontrar uma maneira de minimizar ou eliminar as NVA do processo e aumentar eficiência do processo (OSTRENGA *et al.*, 1993). Finalmente, a última fase da análise de valor do processo consiste em

desenvolver um plano de aperfeiçoamento ou melhoria identificando-se os problemas e as suas causas, depois se deve resolver este problema e elaborar um plano de implementação.

Como pode ser visto, o sucesso da análise de valor depende de se identificar corretamente as atividades e estar em sintonia com o cliente, seja externo e interno. Segundo KAPLAN e COOPER (pp 155, 2000), as informações fornecidas pela análise de valor e o sistema ABC, são a base de apoio para tomada de decisão em um sistema de gestão por atividades. Para os autores, estas duas ferramentas são utilizadas tanto para decisões no gerenciamento operacional baseado em atividade (ABM – operacional), os quais procuram aumentar a eficiência e melhor utilização de ativos, e o gerenciamento estratégico baseado em atividades (ABM – estratégico) que envolve a alteração do *mix* de demanda de atividade, reduzindo os geradores de custos exigidos pelas atividades não-lucrativas.

3.6 Benefícios com a utilização do ABM

Dentre os muitos benefícios alcançados com a utilização da Gestão Baseada em Atividades, pode-se citar maior entendimento da base de custos da empresa, apurando precisamente o custo de cada produto, sem o uso de rateios ou alocações subjetivas; melhor qualidade na tomada de decisões em: redução de custos, reengenharia de processos, racionalização na linha de produtos, focalização do cliente via análise de rentabilidade dos clientes e custeio de fornecedores. Por fim, possibilita melhoria nos custos e realocação de recursos através de eliminação /redução e ou racionalização de atividades (MARTINS, 1998; KAPLAN e COOPER, 2000; AMSTRONG, 2002).

3.7 Metodologia para aplicação da Gestão Baseada em Atividades

COSTA (1999) desenvolve uma metodologia de implantação da Gestão Baseada em atividades (ABM). Segundo a autora, a implantação da Gestão Baseada em Atividades, pode ser conseguida através do diagnóstico da situação, que corresponde a análise dos cenários interno e externo a organização; planejamento do sistema de custeio baseado em atividade, incluindo a análise de processos de negócios (*Business Process Analysis*), vislumbrando as possíveis melhorias do sistema; a elaboração e implantação do sistema de Custeio Baseado em Atividade, levantando-se os custos dos processos e objetos de custo; adoção de medidas para diminuição de resistências, que envolve todo o esforço da organização em promover a conscientização de todos a favor da

participação no projeto, contribuindo com sugestões e informações; análise de informações do sistema de custeio baseado em atividades, que questiona as atividades verificando se agregam valor ou não aos objetos de custo e, principalmente, identificando os fatores geradores de custos, propiciando melhor gerenciamento destes fatores, procurando reduzir ou excluí-los; proposição de medidas de melhoria, reunindo as informações obtidas com a análise das atividades, o custos dos processos e os objetos de custo e a medição do desempenho do processo; implementação de medidas de melhoria, elaborando-se um plano de trabalho com a seqüência de implantação, responsáveis por cada etapa, recursos destinados e medidas para quebras de resistências delineadas e, finalmente a avaliação das medidas de melhoria, que segundo COSTA (1999), é ponto de partida para perspectivas de novas melhorias.

Para a metodologia desenvolvida, foi proposta a inclusão da simulação para avaliação das medidas de melhorias. De fato, a simulação possibilita a avaliação das medidas de melhoria, sem utilizar o sistema real como objeto de experimento. Deste modo a avaliação de melhoria do processo é analisada em um modelo criado em um *software*, evitando gastos de recursos com o ajuste do sistema para a avaliação da melhoria proposta. Além disso, com a avaliação da melhoria de processo em um modelo, com validade, pode-se, inclusive, realizar ajustes no sistema, otimizando o sistema produtivo.

3.8 Considerações Finais

O gerenciamento de uma organização exige que o sistema forneça respostas corretas e confiáveis. No ambiente atual, onde custo e rapidez no atendimento norteiam as empresas, é necessário possuir um conjunto de informação que possibilite tomar decisões seguras, reorganizando a indústria de modo que ela forneça ao mercado um produto que esteja de acordo com as especificações pré-estabelecidas. Além disso, o Gerenciamento Baseado em Atividade surge como alternativa para os ambientes afetados por tecnologias, onde a proporção dos custos indiretos é maior que os custos facilmente alocáveis, ou custos diretos, a variedade de produtos constantemente incrementada e as empresas procuram focar certos ambientes ou segmentos do mercado. Deste modo, para as fábricas com arranjo em *profit center* ou fábrica dentro de fábrica, a Gestão Baseada em Atividade deve fornecer aos gestores flexibilidade e segurança no processo de tomada de decisão.

Construção da abordagem metodológica

4.1 Considerações Iniciais

Este capítulo é dedicado a construção da abordagem metodológica da gestão baseada em atividades, para empresas organizadas em mini-fábricas. O objetivo desta parte da dissertação é propor uma estrutura para gestão de atividades que atenda aos principais focos da manufatura celular e sua utilização proporcione uma vantagem competitiva para a organização. Segundo afirma MARTINS (p 317-318, 1998), os sistemas de gestão que utilizam o gerenciamento dos custos como estratégia devem atender três grandes princípios, os quais são:

- Princípios de custos: A apropriação direta aos objetos de custos e a adoção de bases de alocação que definam, de modo adequado as relações causa/efeito;
- Princípios de mensuração de desempenho: Estabelecimento de mensurações de desempenho para as atividades relevantes. Contudo, tais medidas devem ser consistentes com os objetivos da empresa;
- Princípio da gestão de investimentos: A gestão de investimentos deve ser mais que um processo de orçamento de capital deve ser consistente com os objetivos da empresa. Principalmente, a gestão de investimento deve dar suporte ao processo de redução e eliminação de atividades que não adicionem valor.

Utilizando-se os princípios mencionados acima, a abordagem metodológica propõe integrar as seguintes ferramentas: mapeamento de processo, o qual fornece um melhor entendimento do sistema produtivo; o custeio baseado em atividade (ABC), que fornece o custo e as oportunidades de melhoria dos processos e atividades, pela ótica do consumo de recursos; e, finalmente a simulação, que permite inferir sobre os possíveis retornos de uma melhoria proposta no sistema.

Portanto, a abordagem metodológica desenvolvida neste capítulo deve propiciar aos gestores uma postura proativa, em relação à administração de recursos, eficiência e eficácia de sistema produtivo.

4.2 Análise da situação

A primeira etapa no processo de utilização da gestão baseada em atividade consiste na análise da situação. Segundo COSTA (1999), para a fase de análise da situação deve-se analisar o cenário interno e externo da organização. Para o cenário externo, quatro importantes forças competitivas devem ser consideradas: entrada de novos concorrentes, ameaça por produtos substitutos, poder de negociação de compradores e fornecedores e a rivalidade entre os concorrentes existentes. Deste modo, a abordagem metodológica proposta não deve ignorar esta característica do ambiente em que a organização está inserida. Quanto ao ambiente interno, a organização deve procurar áreas ou processos onde ocorram mais desperdícios. Para o ambiente celular, ou produção focalizada, a análise do ambiente, tanto externo quanto interno, pode ser simplificada devido à configuração celular proporcionar melhor rastreamento dos produtos, além de proporcionar uma simplificação na estrutura da organizacional, principalmente na relação cliente/fornecedor, tanto interno quanto externo (ARRUDA, 1994; COLMANETTI, 2001; MOLLEMAN *et al.*, 2002).

4.3 Mapeamento de processo

O mapeamento de processo constitui em uma ferramenta gerencial, analítica que possibilita melhoria nos processos existentes ou implanta uma nova estrutura voltada para os processos (VILELLA, 2000). Para ANJARD (1996), o mapeamento de processo consiste em identificar, documentar analisar e desenvolver um plano de melhoria que proporcione a mudança de visão dos gestores de indústrias, ou seja, fazendo que se diminua o foco nos *output* ou produtos e fortaleça a gestão dos processos.

ANJARD (1996) afirma que o resultado do mapeamento do processo, geralmente, é uma representação gráfica, o qual mostra como os recursos de entrada são processados e transformados em saídas, destacando-se a relação e a conexão entre cada atividade. VILLELLA (2000) afirma que o mapa de processo pode ser confeccionado manualmente ou com ferramentas

computacionais. Os passos para execução do mapa do processo podem ser definidos nas seguintes fases:

- **Definição do processo:** Nesta fase deve-se determinar quais processos devem ser analisados e estabelecer a fronteira de cada um. Trata-se simplesmente, de uma análise explanatória, que busca uma compreensão do funcionamento dos processos e da realização das atividades. Nesta fase, já é possível definir alguns objetivos ou metas para a análise, tais como reduzir tempo de ciclo de execução das atividades, melhorar a qualidade dos produtos que chegam na organização e os que são entregues aos clientes. Algumas questões que podem guiar a equipe que atua no projeto podem ser: “ Quem são os clientes do processo (interno, externo ou ambos)?”, “Quem são os fornecedores?”.
- **Análise do processo:** Após estabelecer o processo a ser analisado, a próxima etapa é definir como o processo escolhido trabalha e, principalmente, identificar as oportunidades de melhoria. O objetivo principal desta fase é entender o que ocorre no processo atual, quem está envolvido e as deficiências encontradas no processo atual. Nesta fase, é elaborado o mapa do processo, o qual mostra a relação entre as atividades para desenvolver e fabricar o produto. A **tabela 4.1** apresenta símbolos propostos por BARNES (1977) para elaboração do mapa.






Símbolo	Denotação
	Denota uma inspeção, ocorrendo quando o objeto é examinado para identificação ou comparado com um padrão de quantidade e qualidade.
	Denota uma operação. A operação ocorre quando o objeto é modificado intencionalmente em suas características. Geralmente é realizado em uma máquina ou estação de trabalho.
	Denota um transporte, ocorrendo quando o objeto é deslocado de um lugar para o outro.
	Denota uma espera. A espera ocorre quando o objeto permanece sem sofrer nenhuma ação, geralmente a espera é uma fonte de desperdício.
	Denota um armazenamento, o qual ocorre quando o objeto é mantido sob controle e sua retirada requer autorização.

Tabela 4.1 – Simbologia proposta por BARNES (1982) para mapeamento.

BARNES (1977) também salienta que na execução do mapa do processo deve-se escolher pontos definidos para o início e o término do gráfico, de modo a se garantir toda a cobertura do processo no mapa. Além disso, outra medida importante é escolher o objeto a ser seguido dentro da atividade (se é o operador ou uma peça) e não mudar durante a análise. As questões que podem auxiliar nesta fase são: “Quais são os produtos/serviços e informações produzidas?”; “Quais são e quantos são os clientes internos e/ou externos?”; “Quais são as perspectivas dos clientes em relação ao resultado do processo?”; “Quais são os pontos críticos para o processo?”. Depois de confeccionado o mapa, as duas etapas importantes do mapeamento do processo consistem em construir o projeto de melhoria e delinear os procedimentos para a implantação das medidas de melhoria”.

A fase de melhoria do processo consiste em projetar um novo processo ou simplesmente eliminar as deficiências do processo atual. O plano de ação para melhoria do processo pode ser realizado através de *brainstorming*, comparação do processo com processos *benchmarking* e desenvolver medidas de desempenho para o novo processo. Para COSTA (1999), o mapeamento de processos, principalmente a fase de projeto de melhoria, é uma ferramenta interna as etapas de planejamento de um sistema de custeio baseado em atividades. Contudo, FERNANDES *et al.* (2001) afirmam que o mapeamento de processos já é uma ferramenta capaz de melhorar a competitividade da empresa através do foco no cliente do processo, eliminação das atividades que não agregam valor e redução da complexidade do processo.

A implantação das medidas de melhoria consiste, principalmente, em estabelecer um time responsável pela execução do plano de melhoria e, também pela medição e documentação contínua do desempenho do processo.

Quando se aborda a questão de mapear a organização, uma questão levantada por FERNANDEZ *et al.* (2001) é o nível de detalhes da análise. Segundo o mesmo o autor, quando se trabalha com um nível de detalhes muito baixo a análise fica pobre por falta de informações. Por outro lado, um mapa com muitos detalhes se torna complexo, além de aumentar o custo de execução do mapeamento. Experiências têm mostrado que uma relação entre o nível de detalhamento do mapeamento e o custo de execução do mapa do processo pode ser aproximados como uma função exponencial.

4.4 Custeio dos Processos – Aplicação do custeio baseado em atividade (ABC)

O custeio dos processos, e por consequência dos objetos de custos, corresponde à versão vertical do modelo ABC. O custeio dos processos utilizando o ABC passa pelas fases de determinação e alocação dos recursos consumidos pelas atividades e a determinação do custo dos objetos de custos.

A medição dos recursos é uma fase anterior à identificação dos direcionadores de recursos. Nesta etapa, a equipe deve ponderar acerca da relevância dos recursos do processo, para verificar se este recurso apresenta representatividade no custo do processo. Contudo, é preciso estar atento para que nenhum recurso relevante seja deixado de lado. A busca da informação acerca do recurso pode ser obtida junto ao departamento de contabilidade e, também junto aos demais departamentos da empresa, onde os recursos são consumidos.

4.4.1 Identificação e medição dos direcionadores de recursos

Um direcionador de recursos para as atividades é um fator que tem influência direta sobre custo e desempenho da atividade. Estes direcionadores fornecem a melhor explicação do *porquê* custos em uma atividade variam com o tempo. O direcionador de recurso de primeiro estágio são o *link* entre os recursos e as atividades (GUNASEKARAN, 1999). A acurácia do sistema ABC, depende do número de direcionadores escolhidos. Para um número excessivo, pode se ter grande precisão no sistema ABC, contudo pode elevar o custo com a elaboração e implantação do sistema (GUNASEKARAN e SARHADI, 1998).

O caminho para levantar estes direcionadores seriam a utilização de entrevistas com todos os empregados, perguntando-se: como desempenham as diferentes atividades e qual o tempo gasto para realizá-las.

4.4.2 Identificação e medição dos direcionadores de custos de segundo estágio

O direcionador de atividade, ou direcionador de recurso de segundo estágio, é um medidor da frequência e da intensidade da demanda de cada atividade pelo objeto de custo (GUNASEKARAN, 1999). O direcionador de custos é uma variável utilizada como denominador

nas taxas para aplicar o custo das atividades aos produtos. Deste modo, a taxa de consumo de recursos pelas atividades pode ser calculada pela **equação 4.1**.

$$TA = \frac{CA}{VCD} \quad (4.1)$$

Na **equação 4.1**, são definidos:

- TA = Taxa de consumo da atividade;
- CA = Custo da atividade;
- VCD = Volume de direcionadores de custo;

A seleção de direcionadores de recursos apropriados é um processo criativo, no qual sai da análise tradicional e procura pelas razões que levam à ocorrência do custo. Na seleção destes direcionadores de segundo estágio, alguns critérios devem ser considerados, tais como:

- Os direcionadores de recursos selecionados devem ter uma forte correlação com a atividade que está sendo analisada;
- Deve-se minimizar situações em que se utilizam um único direcionador para um número elevado de atividades. A complexidade do sistema deve estar correlacionada com o número de direcionadores;
- O direcionador escolhido deve levar a uma preocupação com o desempenho do sistema e, principalmente refletir o desempenho do sistema;
- Deve-se selecionar direcionadores de recursos que já estejam disponíveis e/ou tenham baixo custo quando for preciso coletá-los.

Na prática, é possível que existam mais de um direcionador de segundo estágio para uma mesma atividade. Nestas circunstâncias, o julgamento ou a decisão de um profissional é necessária. Um exemplo desta situação é a atividade de compras de uma determinada empresa, que possui diferentes direcionadores de recursos, tais como: número de pedidos, número de fornecedores e número de peças pedidas. Para solucionar este problema, e dispensar o profissional, pode-se utilizar planilhas eletrônicas com funções estatísticas. NORVIN (*apud* PAMPLONA (1997)) utiliza uma planilha para determinar a relação entre os custos indiretos e os vários direcionadores

de custos, com a ajuda da análise de regressão de dados históricos, encontrando facilmente o coeficiente de correlação (correlação simples e múltipla). Em uma outra abordagem, a escolha dos direcionadores de custos é realizada por PAMPLONA (1997), que utiliza o *AHP* para incluir na decisão do direcionador de custo a adotar os seguintes critérios:

- Custo de mensuração dos direcionadores;
- Facilidade de obtenção;
- Possibilidade de manutenção e coleta rápida de dados.

Através da análise de consistência foi possível montar as matrizes, as quais de acordo com pesos e manipulação dos dados nos fornecem, dentre um conjunto de direcionadores, o que melhor se relaciona com cada atividade e objeto de custo.

4.5 Análise das atividades e proposição de melhorias

No processo de análise de atividades, é necessário definir todas as entradas (inputs) que as atividades recebem, o modo como as atividades são desempenhadas, quem as realiza, quais atividades fornecem o input para a atividade seguinte; quais são os *outputs* fornecidos por estas atividades e quais são outras atividades que recebem estes *outputs* e os recursos consumidos para desempenhar estas atividades (FREIRES, 2000).

A parte importante do processo de análise de atividade, após a utilização do ABC, é utilizar as informações disponíveis pelo mapeamento do processo. Deste modo, é possível estipular os indicadores operacionais do sistema e os indicadores financeiros, a respeito do custo da melhoria do sistema e o possível investimento para que o sistema funcione de acordo com os objetivos estratégicos da organização (KAPLAN e COOPER, 2000). Para MONDEN (2002), os indicadores de desempenho para empresas organizadas em *profit-center*, devem ser os mesmos utilizados para a gestão de uma fábrica. Deste modo, o gestor e sua equipe, responsáveis por um determinado *profit center*, devem selecionar indicadores de desempenho, que possibilitem:

- Aumentar o lucro;
- Reduzir o custo;
- Aumentar as vendas;
- Reduzir o lead time;

- Assegurar a qualidade dos produtos;
- Proporcionar a motivação dos empregados.

Para COSTA (1999), a análise das atividades e proposição de melhorias devem ser realizadas juntamente com as pessoas que atuam diretamente nas atividades e as propostas devem ser fundamentadas nas informações providas pelo sistema *ABC*. Segundo a autora, a equipe deve deixar que as sugestões fluam livremente, sem medo de eventuais críticas. A equipe deve considerar, também, as resistências humanas a certas medidas adotadas, o que pode dificultar sua implementação. Portanto, deve-se adotar medidas que atenuem as resistências, de modo a não se prejudicar os benefícios que poderão ser alcançados.

ROHLEDER e SILVER (1997) desenvolveram um tutorial para análise de atividade, baseado na metodologia *5W2H*, que utiliza as perguntas *what, why, where, when, who, how* e *how much* para cada atividade. Deste modo, os autores conseguiram determinar uma lista com os seguintes desperdícios ou áreas potenciais de melhoria das atividades:

- Fluxo de processos muito complicados;
- Fabricação de produtos com defeitos: Esta falha dos processos gera atividades que não agregam valor, tal como o retrabalho de itens não conformes, ou a geração de refugos, que desperdiçam materiais;
- Movimentação desnecessária de produtos e trabalhadores;
- Inspeções: A inspeção existe por causa da variabilidade dos *outputs* dos processos. Deste modo, a empresa deve utilizar programas de qualidade que visem a redução da variabilidade dos processos e diminuam a necessidade de grandes volumes de inspeção;
- Esperas: Ocorrem por ineficiência no processo de transferência de informação, quebra de equipamentos e presença de gargalos no processo produtivo.

A análise proposta anteriormente nos reporta à análise das atividades no ambiente de operações. Contudo, pode-se proceder a análise de atividades no setor de serviços, utilizando os conceitos abordados, bastando somente trazer os conceitos para o contexto de uma empresa do setor de serviços, tais como bancos ou hospitais. (KAPLAN e COOPER, 2000).

4.6 Análise dos benefícios das medidas de melhoria através da simulação

Segundo COSTA (1999), a incerteza a respeito do resultado das medidas de melhoria pode gerar certas resistências quando se deseja implementá-las, tais resistências podem até comprometer os resultados. Embora se utilize diversas ferramentas para se estimar os investimentos realizados para implantar certa melhoria do processo, em muitos casos não se pode delinear uma avaliação custo/benefício precisa. Deste modo, a utilização da simulação, em uma etapa que precede a implantação de melhoria possibilita não só a verificação dos benefícios alcançados, mas também as ações que devem ser tomadas para que o efeito de um aprimoramento no processo possa ser potencializado.

KAPLAN e COOPER (2000) comentam a respeito da utilização da simulação para auxiliar no processo de análise de atividades. Segundo os autores, o cuidado que se deve ter ao utilizar a simulação nesta etapa é pré-definir os objetivos que se deseja verificar com a simulação e, principalmente, procurar desenvolver um modelo que não inutilize as informações geradas nas etapas anteriores. A mesma opinião é suportada por SPEDDING e SUN (1999), que fizeram a combinação da simulação com o sistema de custeio baseado em atividade para a análise de processo e realocação de custos indiretos. Os autores utilizaram as informações fornecidas pelo ABC para formular as possíveis soluções para o problema de capacidade, ligada à alta variedade de produtos de uma célula de montagem de componentes eletrônicos.

Para se proceder a utilização da simulação, uma abordagem ordenada e sistemática é proposta por LOBÃO e PORTO (*apud* COSTA (2000)). A **figura 4.1** mostra a proposta de sistematização para um estudo utilizando a simulação. Segundo esta proposta de sistematização, o estudo pode ser facilitado se, primeiramente, for definido o objetivo do estudo de simulação, seguido de uma coleta de dados, que possibilite alcançar os objetivos propostos. A construção do modelo é realizada com base nos dados e nos objetivos propostos inicialmente. A verificação da consistência do modelo é realizada confrontando-se os relatórios fornecidos pelo software no qual foi construído o modelo em relação aos dados reais coletados. A etapa final consiste em executar o experimento e analisar os resultados e, principalmente, documentar a melhoria proposta. Deste modo, é possível obter qualidade e consistência nos resultados, por meio da definição precisa do objetivo do estudo (validade), assegurando a alimentação correta com dados consistentes com o

que se deseja medir (credibilidade e aceitabilidade) e, principalmente fornecendo soluções possíveis de serem implementadas, favorecendo a melhoria contínua do sistema produtivo.

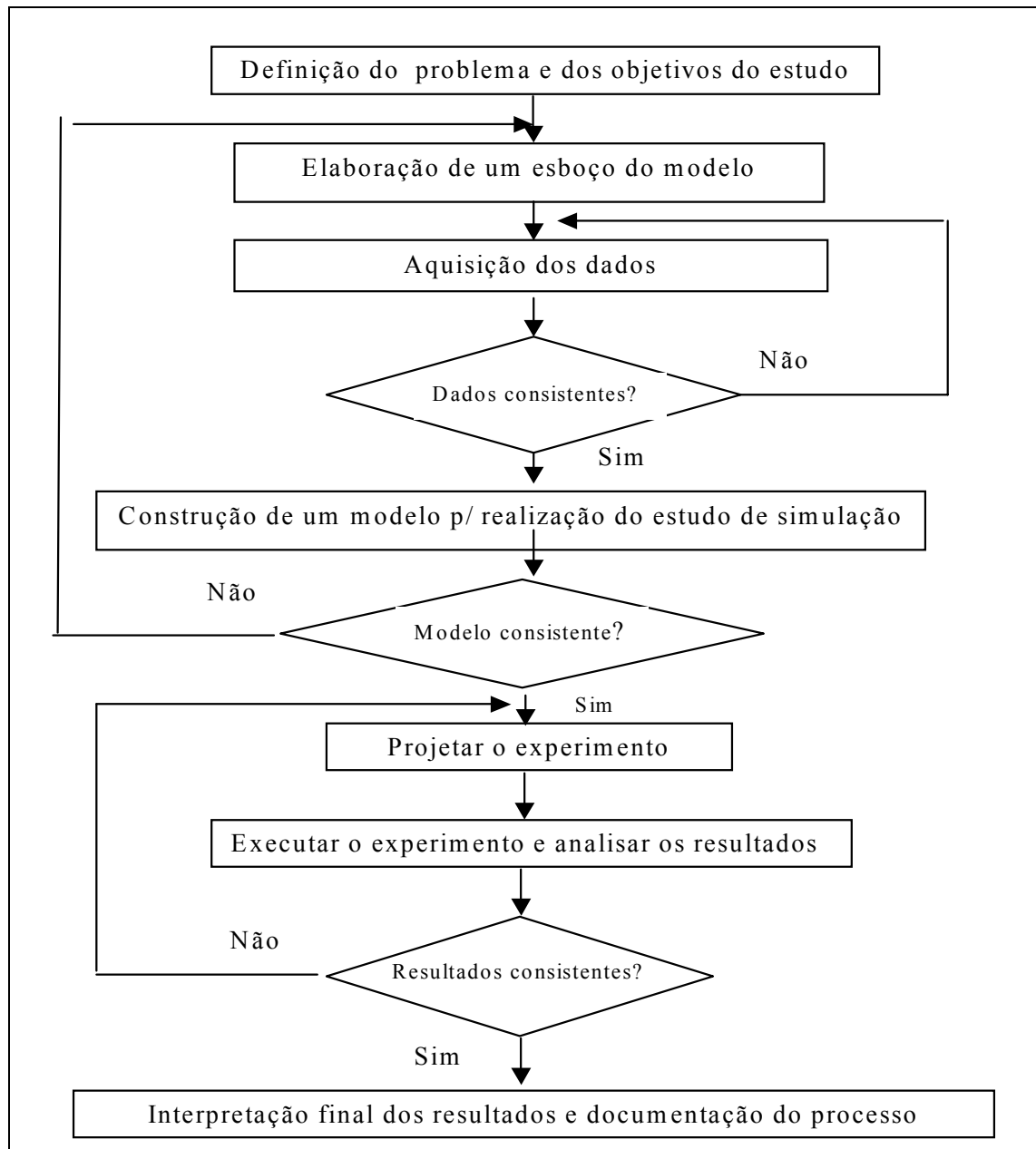


Figura 4.1 – Proposta de sistematização da simulação (LOBÃO e PORTO *apud* COSTA (2000)).

4.7 Implementação da medida de melhoria

Após a simulação da medida de melhoria, é possível ter mais segurança quanto aos resultados obtidos com a medida de melhoria, podendo-se prosseguir a sua implementação. Nesta etapa, ROHLER e SILVER (1997) sugerem que sejam documentados e elaborados relatórios a respeito da medida implementada e, principalmente, sejam revistos os indicadores de desempenho, para verificar se são adequados à nova situação ou se precisam de algum ajuste. Segundo os autores, é necessário, também, escolher uma área piloto para estudo, caso o objetivo da análise de atividade for a criação ou inovação de um novo processo. Para COSTA (1999), na fase de implementação das medidas de melhoria devem ser analisados os indicadores de desempenho, para verificar a necessidade de novos indicadores e índices mais apropriados para a avaliação do sistema. Outro ponto importante é avaliação contínua do sistema e o seu ajuste, de acordo com a estratégia da organização, frente às necessidades do mercado.

4.8 Considerações Finais

A construção da abordagem metodológica considerou muitos trabalhos desenvolvidos a partir da busca dos gestores em combinar as informações necessárias para análise do desempenho do sistema de manufatura, particularmente a manufatura celular. Deste modo, é possível fornecer um quadro comparativo da dinâmica da empresa frente aos desafios impostos pelo mercado. Este quadro deve fornecer todas as informações e subsídios necessários para que a empresa se torne cada vez mais ágil para atender às mudanças nos requisitos do cliente, reduzindo as inconformidades ou variabilidade indesejáveis e alocando corretamente seus recursos. A **figura 4.2** mostra a dinâmica da abordagem metodológica, que consiste em definir um sistema para a análise, realizar o mapeamento do processo, levantar o custo necessário para se desenvolver cada processo e atividade dentro do sistema e, principalmente, analisar o sistema com os indicadores operacionais e a informação custo. Finalmente, a última etapa consiste em propor as melhorias no sistema e avaliá-las utilizando-se a simulação e implementar as melhorias no processo.

A característica da abordagem metodológica, para a utilização da Gestão Baseada em Atividade, é tornar esta ferramenta capaz de potencializar os ganhos obtidos com o arranjo celular, o que não exclui as dificuldades inerentes a este tipo de configuração. Portanto, a abordagem deve ser adequada para não só ressaltar os benefícios, mas expor o sistema à melhoria continuada,

agregando valor cada vez mais aos produtos e assegurando a sobrevivência da empresa no mercado no qual está inserida.

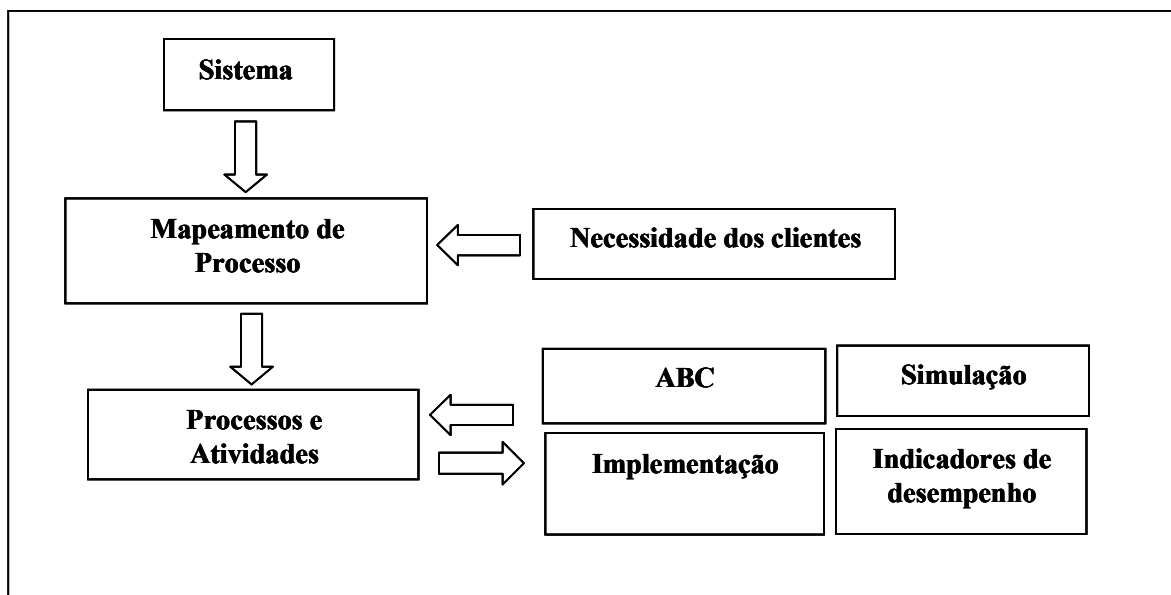


Figura 4.2 – Dinâmica da abordagem metodológica.

Aplicação da Abordagem Metodológica

5.1 Considerações Iniciais

Este capítulo é destinado a aplicação da abordagem metodológica proposta anteriormente. Como se trata de uma abordagem metodológica, a intenção não é buscar sua validação, mas verificar sua utilização para a análise e melhoria dos processos e atividades de um ambiente celular.

A empresa escolhida para esta aplicação é uma multinacional alemã, do setor de autopeças, com produção caracterizada pela fabricação em lotes, os quais variam em tamanho e frequência de programação. A organização em estudo possui nove unidades no Brasil e oito mil colaboradores diretos. A divisão anéis para pistão, o qual pertence a empresa em que foi desenvolvida a pesquisa, apresenta a organização da planta em minifábricas, composta por células de manufatura responsáveis pela fabricação do produto em categorias. Estas categorias são definidas com base no material utilizado para a fabricação e o tratamento superficial recebido pelo produto.

Atualmente, o número de itens ativos em sua linha de fabricação ultrapassa a marca de vinte mil, sendo que o sistema de produção é por lote, denominados ordem de produção (OPA's), os quais podem variar de duzentos a dez mil peças, dependendo do pedido do cliente. Existem, também, os chamados lotes para amostra, que são as peças que serão testadas pelos clientes e poderão vir a tornar-se pedidos, dependendo do seu desempenho. São fabricadas mensalmente, em média, duas mil OPA's com um volume médio de dez milhões de peças.

Deste modo, a abordagem metodológica proposta é aplicada para conferir a célula de manufatura em foco, incrementos de produtividade e eficiência. Principalmente, em um ambiente onde existe uma larga variedade de produtos, onde a preocupação com a flexibilidade e a capacidade é ponto chave para atender a demanda do mercado, atendendo as dimensões de qualidade, pontualidade e custo.

5.2 Definição do sistema a ser analisado

A empresa A, fabricantes de anéis para pistão, que forneceu os dados para esta pesquisa sofreu um processo de reorganização entre os anos de 1998 e 1999. A reorganização foi conduzida por uma empresa de consultoria. O novo arranjo físico da planta é organizado em cinco minifábricas, composta por células de manufatura, responsáveis pela fabricação de anéis para pistão.

Dentro deste contexto, foi escolhida a *Célula XV*, da minifábrica anéis sem cobertura. As principais características, que após uma reflexão, levaram a preferência desta célula às demais são:

- A própria característica do sistema, configurado como célula de manufatura, o qual pode ser chamada de *fábrica dentro de fábrica*, e necessitando, portanto de ferramentas que utilizem medidas financeiras e não-financeiras para sua avaliação e planejamento. Deste modo, a Gestão Baseada em Atividade é proposta como ferramenta para avaliação e gerenciamento de recursos na manufatura celular.
- A *célula XV* é considerada de fase única, ou seja, entra a matéria-prima em estado bruto e sai anel em estado acabado, apenas necessitando de inspeção, pintura e embalagem. Isto faz com que as principais características exigidas nos produtos pelos clientes se desenvolvam dentro da célula. Deste modo, torna-se necessário um sistema de gestão baseado em atividades, que vise o gerenciamento dos processos e forneça aos gestores da célula, informações relevantes, que possibilite tomar decisões de modo a incrementar o sistema em termos de flexibilidade e custo.
- A alta variedade de produtos faz com que a célula opere no limite de sua capacidade, colocando em evidência a flexibilidade da célula, no que tange a mudar a ordem de fabricação de um produto para o outro, de acordo com o pedido do cliente. Contudo, vale ressaltar que as diferenças entre os tipos de produtos não são acentuadas, diferindo apenas em algumas operações. No entanto, caso ocorra um pico na demanda do mercado aliado a célula operando em sua capacidade total, dúvidas a respeito da alocação de recursos adicionais, levarão os gestores a tomar decisões errôneas, as quais podem comprometer o relacionamento fornecedor/cliente. Deste modo, a gestão baseada em atividade vai atuar como ferramenta de planejamento da célula, já otimizando os recursos e indicando em que fase do processo de produção se deve agir para alcançar maior produtividade.

A fase que segue depois da definição do sistema, consiste em realizar o mapeamento do processo, aprofundando sobre os produtos fabricados na célula, explicitando a peculiaridade de cada processo e, principalmente, destacando como os insumos (matéria-prima, mão de obra e equipamentos) são combinados para converter as peças em produto final.

5.3 Mapeamento do Processo

A *célula XV* realiza operações de usinagem em uma família de anéis de ferro fundido cinzento ou nodular. A **figura 5.1** ilustra o produto anel e sua colocação no pistão do motor. As principais funções do anel de pistão são: vedação da câmara de combustão em relação ao Carter, impedindo que os gases da combustão ou a pressão de compressão passem para o Carter; transmitir o calor absorvido pela cabeça do pistão para as paredes do cilindro e dessas para o sistema de arrefecimento e controlar a lubrificação dos cilindros. A **figura 5.2** ilustra o produto anel, considerando suas principais características, as quais são realizadas na *célula XV*.

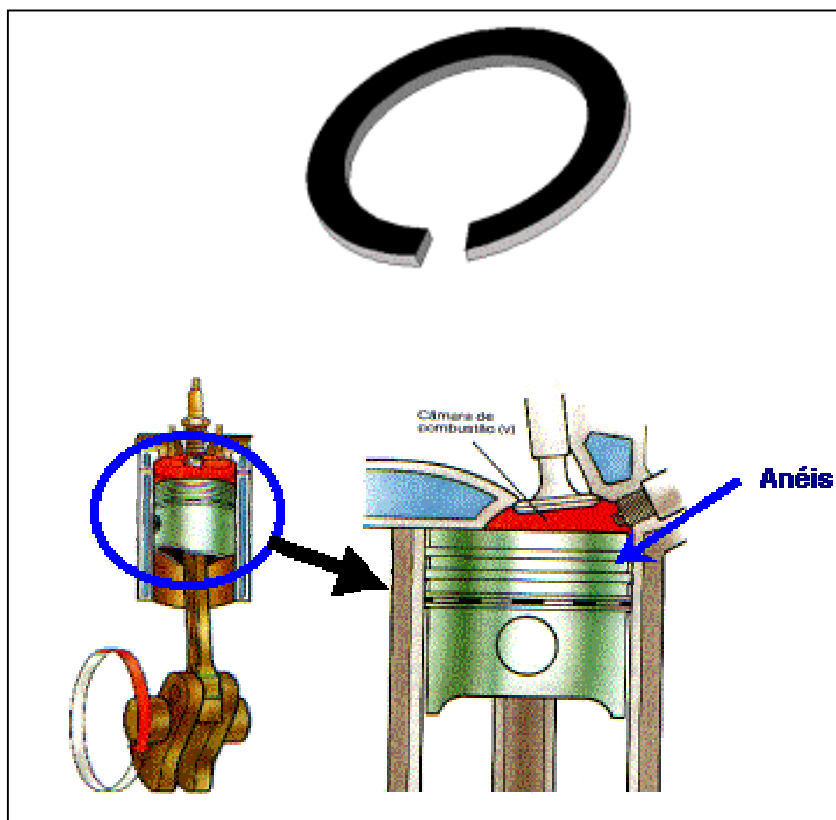


Figura 5.1 – Produto fabricado pela *empresa A* e sua utilização no motor.

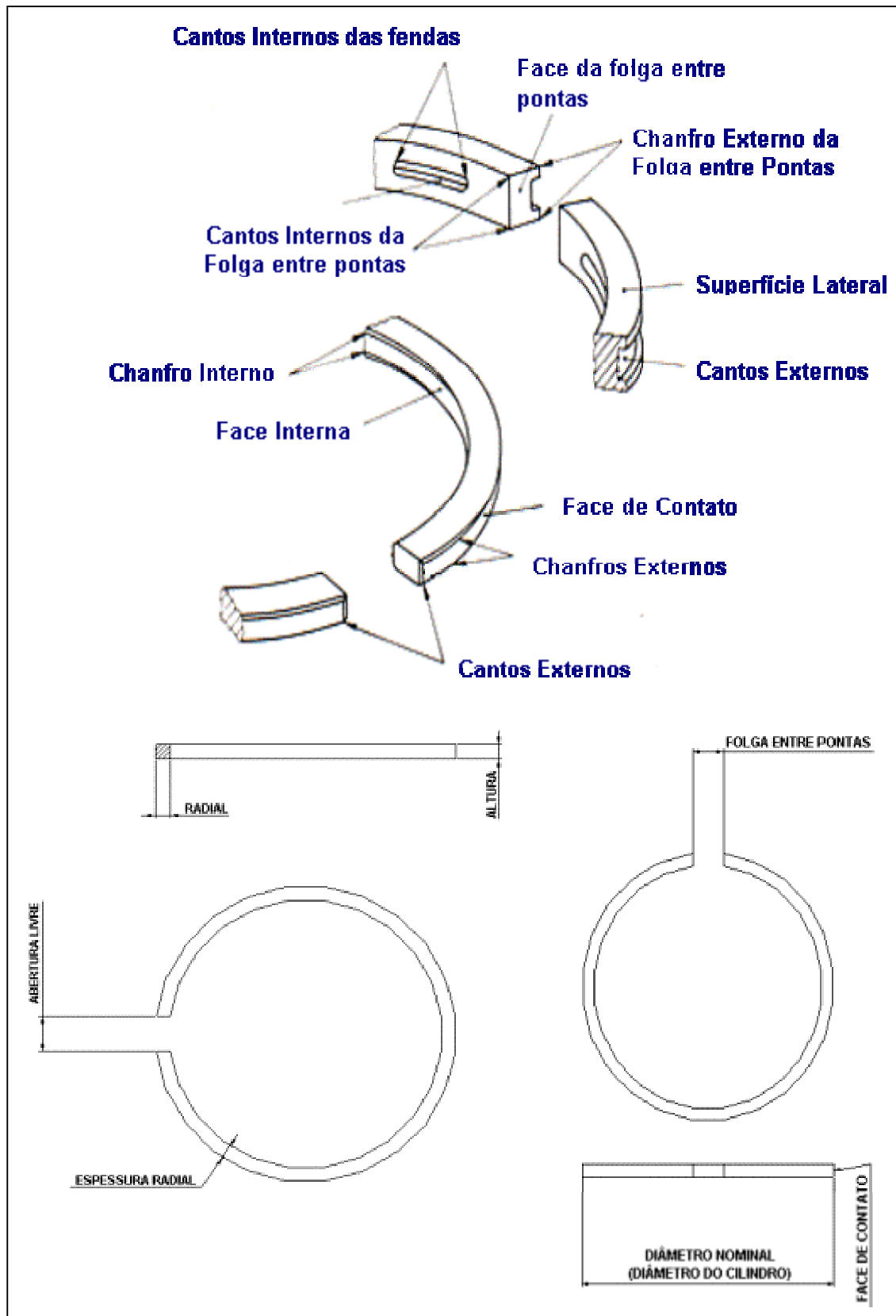


Figura 5.2 – Caracterização do produto e suas dimensões.

O layout da célula é em forma de U , possuindo nove operadores por turno e quinze máquinas, cada máquina pode processar o produto em pacotes ou individualmente, conforme mostra a **tabela 5.1**.

Máquina	Código	Nível de processamento
Torno de forma vertical	TFV (A e A ₁)	Pacote de 150 milímetros
Gravadora	GRAV (B e B ₁)	Unidade
Torno de acabamento	TAC (C e C ₁)	Pacote de 125 milímetros
Rebaixo/chanfro	REB (D e D ₁)	Unidade
Topejadora	TPJ (E)	Pacote de 122 milímetros
Escovamento	ESCO (F)	Pacote de 125 milímetros
Bombeamento/Lapidação	BOMB (G,H e I)	Unidade

Tabela 5.1 – Máquinas da célula XV e nível de processamento.

As principais características do produto que interferem no processo de produção são:

- A altura do produto, a qual varia de 1,2 a 2,5 milímetros, tem impacto no processo, principalmente onde os produtos são processados por pacotes de peças. Deste modo, por exemplo, ao se processar a peça no torno de forma vertical, um conjunto de 22 peças são montadas em uma base, chamada pacotes de peças, e são estes pacotes que sofrem a operação de torneamento. O comprimento máximo destes pacotes não deve ultrapassar 150 milímetros, que nada mais é do que o somatório das alturas das peças montadas no pacote. Portanto, quanto maior a altura das peças, menor a taxa de produção de peças por hora.
- A geometria da face de contato: se o produto possuir rebaixo na sua face de contato, o processo realizado no torno de acabamento exige a colocação de um espaçador entre cada produto, o que provoca uma diminuição em sua capacidade.
- O diâmetro e material: Estas características são restrições para quase todos os equipamentos porque o material interfere na maior ou menor facilidade em usinar e o diâmetro na velocidade de corte.

Para a execução do mapeamento do processo, o passo inicial foi a obtenção do fluxo geral de fabricação da célula. A **figura 5.3** ilustra o fluxo geral de fabricação para a célula XV.

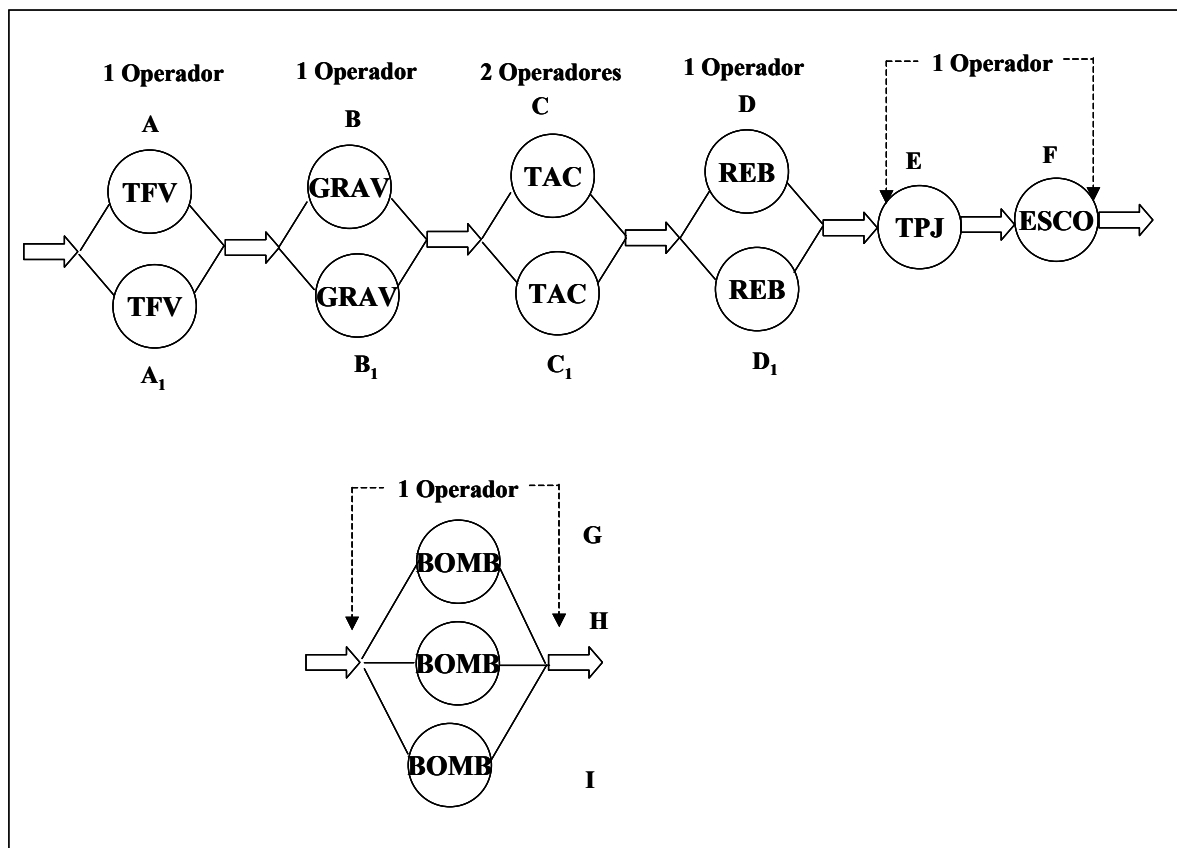


Figura 5.3 – Fluxo geral de produção da célula XV.

Depois de determinado o fluxo geral de produção, o passo seguinte adotado para a execução do mapa do processo é a criação do mapofluxograma, o qual fornece uma visão geral das atividades se desenvolvendo nas diferentes estações de processamento. Portanto, a **figura 5.4** apresenta o mapofluxograma, mostrando os processos se desenvolvendo dentro do sistema, nas estações de trabalho presentes na célula. Em verdade, os símbolos usados para a execução do mapofluxograma do processo são os mesmos que o utilizado para a confecção do mapa das atividades. Deste modo, fica fácil visualizar o que acontece em nível de célula e processo.

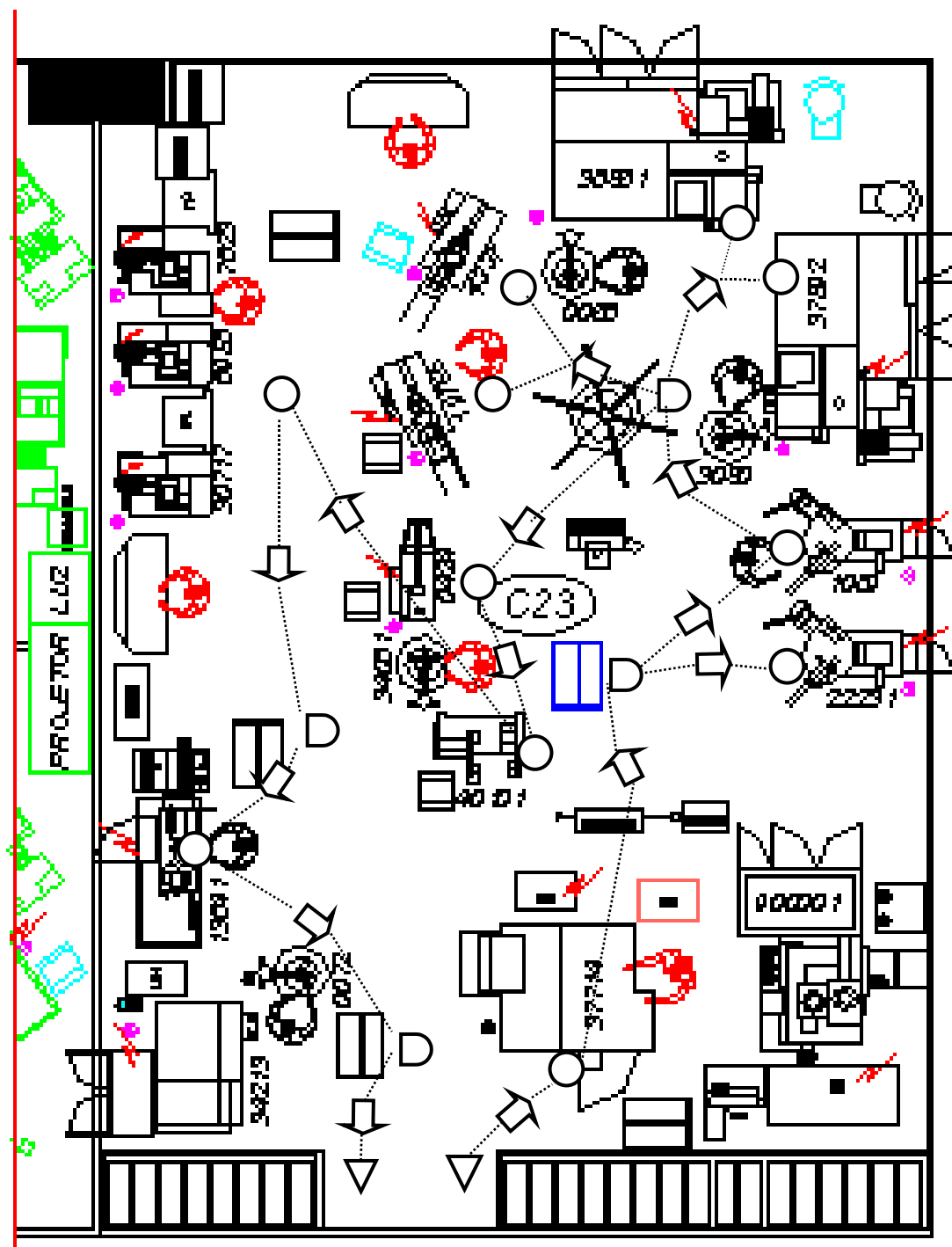


Figura 5.4 – Mapofluxograma para a célula XV.

Analisando a **figura 5.4**, pode-se examinar o que ocorre na célula XV: os produtos a serem processados chegam em lotes e ficam armazenados nos volantes móveis; a seguir um operador, responsável pelos dois turnos, monta o pacote de produtos e os processa no torno de forma

vertical (A ou A₁). Após as transformações ocorridas no torno de forma vertical, as peças são colocadas em um volante e enviadas para a gravação (B e B₁), onde um operador é responsável em operar as duas máquinas, e depois para o volante fixo, ou carrossel. Dois operadores são responsáveis pela retirada das peças do carrossel e montagem das árvores de peças, que são processadas nos tornos acabados (C e C₁). Depois de usinadas nos tornos acabados, as peças são enviadas para as operações de chanfro e rebaixo (D e D₁), a célula possui dois equipamentos destinados a este processo e um operador. Após sofrerem este processo, as peças são enviadas para a topejadora (E) e após isto, sofrem o processo de escovamento (F), é importante ressaltar que um operador é responsável pelos dois processos. Para setenta por cento das peças processadas nesta célula, o processo produtivo está encerrado e o produto pode ser armazenado para a inspeção visual, pintura e embalagens. Os outros trinta por cento das peças passam pelo processo de Bombeamento (G, H e I).

Nesta fase do trabalho, foram identificadas as famílias de produtos que a célula fabrica, através da programação da produção fornecida pelo Departamento de Planejamento e Controle da produção. Cabe ressaltar que as famílias de peças produzidas na empresa A são formadas utilizando-se o sistema de classificação e codificação. Deste modo, o sistema permite identificar as similaridades entre as peças através de um código numérico ou alfanumérico. O código reflete através dos dígitos que o compõe, quais são as principais características da peça. As **tabelas 5.2a**, **5.2b** e **5.2c** trazem as informações a respeito dos produtos: código do produto, descrição, tamanho do lote e os processos consumidos por cada produto, de acordo com as definições da tabela 5.1(página 56).

Material	Produto	Lote	Fluxo Produtivo
R	AN 15617.00	4000	TFV, GRAV, TAC, TPJ, ESCO, BOMB.
G	AN 19858.00	4000	TFV, REB, GRAV, TAC, TPJ, ESCO.
K	AN 20149.B00	4000	TFV, GRAV, REB, TPJ, ESCO.
R	AN 18446.00	4000	TFV, TAC, REB, TOPJ, ESCO.
R	AN 18388.00	4000	TFV, GRAV, TAC, REB, TPJ, ESCO, BOMB.

Tabela 5.2a – Família de peças processadas na célula XV.

Material	Produto	Lote	Fluxo Produtivo
K	AN 21137.00	4000	TFV, GRAV, TAC, REB, REB, TPJ, BOMB, ESCO, BOMB.
K	AN 21139.00	4000	TFV, GRAV, TAC, REB, REB, TPJ, BOMB, ESCO, BOMB.
K	AN 21138.00	4000	TFV, GRAV, GRAV TAC, REB, REB, TPJ, BOMB, ESCO, BOMB.
K	AN 21909.00	4000	TFV, TAC, TPJ
N	AN 22505.00	4000	TFV, GRAV, TAC, REB, TPJ, ESCO.
N	AN 22505.10	4000	TFV, GRAV, TAC, REB, TPJ, ESCO.
N	AN 22505.20	4000	TFV, GRAV, TAC, REB, TPJ, ESCO.
R	AN 18388.06	4000	TFV, GRAAV, TAC, REB, TPJ.
R	AN 18388.04	4000	TFV, GRAV, TAC, REB, TPJ.
R	AN 20859.05	4000	TFV, GRAV, TAC, REB, TPJ, BOMB, ESCO.
R	AN 18102.00	4000	TFV, GRAV, TAC, TPJ.
R	AN 15102.00	4000	TFV, REB, GRAV, TAC, TPJ, ESCO.
R	AN 20795.05	4000	TFV, GRAV, REB, ESCO, BOMB.
R	AN 20795.00	4000	TFV, GRAV, REB, ESCO, BOMB.
R	AN 20795.10	4000	TFV, GRAV, REB, ESCO, BOMB.
R	AN 18102.04	4000	TFV, GRAV, TAC, TPJ.

Tabela 5.2 b – Família de peças que são processadas na célula XV.

Material	Produto	Lote	Fluxo Produtivo
K	AN 20859.10	4000	TFV, GRAV, TAC, REB, TPJ, BOMB, ESCO.
R	AN 18266.00	4000	TFV, GRAV, TAC, REB, TPJ.
R	AN 18388.02	4000	TFV, GRAV, TAC, REB, TPJ.
R	AN 17891.04	4000	TFV, GRAV, TAC, TPJ.
R	AN 17891.06	4000	TFV, GRAV, TAC, TPJ
V	AN 18937.00	4000	TFV, GRAV, TAC, TPJ, ESCO.

Tabela 5.2c – Família de peças que são processadas na Célula XV.

O mapofluxograma nos fornece a visão geral dos processos. Contudo, é necessário dividir cada processo para compreender o que ocorre em cada estação de trabalho. Este detalhamento deve ser muito bem refletido, pois a equipe deve ponderar entre a complexidade para um sistema com um número elevado de detalhes e a carência de informação proporcionado por um baixo nível de detalhes. Para a *célula XV*, procurou-se mensurar todas as atividades através do tempo de realização, outra variável que foi ganhando importância durante o estudo é a área ocupada pela célula. Conforme o sugerido pela organização, o fluxo dentro da célula está dificultado devido a presença de máquinas, volantes e produtos a serem processados.

Com o nível de detalhamento estipulado, cada processo foi mapeado. O primeiro processo escolhido é o torneamento. No processo de torneamento, os produtos chegam em volantes ou lotes de 4000 unidades e são processados no torno de forma vertical. O processo é realizado com um operador e um torno, o processo consiste no recebimento dos produtos a serem processados, na montagem de pacotes ou árvore, os quais podem variar de uma quantia de 22 a 24 peças. Após a montagem das peças em árvores, o produto é processado e colocado nos volantes dentro da célula. Dependendo do produto, o tempo máquina varia de 3,15 a 5,10 minutos. Deste modo, o processo é semelhante para todas as peças, o que varia é o tempo de processamento. **A figura 5.5** mostra o mapa do processo de torneamento para a peça AN 20795.00, o objetivo desta parte é levantar o tempo de ciclo para estas peças.

GRÁFICO DO FLUXO DE PROCESSO 1		
Método atual	<input checked="" type="checkbox"/>	
Método Proposto	<input type="checkbox"/>	
ASSUNTO PESQUISADO: Análise do processo de torneamento – máquina CTB 170		
LOCAL: Célula XV		Data: 17/12/2001
Tempo [minutos]	Símbolos	DESCRIÇÃO DO PROCESSO
1,10	○ ⇨ □ ● ▽	Aguardar ferramental
0,30	○ ⇨ □ ● ▽	Setup da máquina
0,12	○ ⇨ □ ● ▽	Aguardando peça (programação)
0,27	○ ⇨ □ ● ▽	Apanhar o canal e posicionar ao lado da bancada de alinhamento de pacotes.
0,91	○ ⇨ □ ● ▽	Montar o pacote de anéis.
5,40	● ⇨ □ □ ▽	Peça sendo processada no torno
0,10	○ ⇨ □ □ ▽	Apanhar o pacote de anéis usinados, posicionar na fresa e startar.
2,15	● ⇨ □ □ ▽	Peça sendo processada na fresa
0,10	○ ⇨ □ □ ▽	Retirar pacotes de anéis da fresa e posicionar no canal (suporte do carrinho).
0,49	○ ⇨ ■ □ ▽	Apanhar três anéis e inspecionar folga entre pontas/força tangencial.
0,21	○ ⇨ □ □ ▽	Retirar canal do suporte do carrinho, posicionar no carrinho e posicionar suporte no canal do carrinho.
11,15	2 2 1 4 0	Total

Figura 5.5 – Fluxograma para o processo de torneamento.

Para determinar o tempo de ciclo deste processo foi utilizado um diagrama auxiliar, conforme pode ser observado na **figura A₁₁** no anexo 1, porque muitas atividades são realizadas em paralelo, como por exemplo, a montagem dos pacotes na bancada, que é realizada enquanto a máquina está processando o pacote anterior.

O processo de torneamento apresenta uma taxa variável de produção de peça, porque este processo é realizado em lotes, os quais podem variar, dependendo da espessura de cada anel. Deste modo, o tempo de ciclo encontrado é para a fabricação de um lote de peças realizadas. A taxa de produção fornecida por esta atividade varia de 600 a 2300 peças/hora.

O processo seguinte é a Gravação. Consiste de marcar o produto para facilitar sua montagem no bloco do motor. Deste modo, evita-se erros por uso inadequado do produto. O processo de gravação é realizado a nível de unidade, ou seja, os produtos são processados um de cada vez. Contudo, algumas atividades que compõe este processo, tais como o desengraxe ocorre com o produto agrupado em lotes. Outra característica deste processo é que independe do produto, ou seja, o tempo gasto para processar um tipo é o mesmo para todos os outros que passam pela célula. O fluxograma do processo de gravação é apresentado **na figura 5.6**.

GRÁFICO DO FLUXO DE PROCESSO 2		
Método atual	<input checked="" type="checkbox"/>	
Método Proposto	<input type="checkbox"/>	
ASSUNTO PESQUISADO: Análise do processo de Gravação – máquina Engaver 1089		
LOCAL: Célula 23		Data: 17/12/2001
Tempo [minutos]	Símbolos	DESCRIÇÃO DO PROCESSO
15,00	○ ⇒ □ ● ▽	Setup da máquina
0,25	○ ⇒ □ ● ▽	Aguardando peça
0,30	○ ⇒ □ □ ▽	Apanhar produto no carrinho
0,41	○ ⇒ □ ● ▽	Posicionar produto no suporte do carrinho.
5,00	● ⇒ □ □ ▽	Desengravar a peça.
0,50	○ ⇒ □ □ ▽	Retirar do tanque
0,30	● ⇒ □ □ ▽	Transportar peça para a gravadora
0,21	○ ⇒ □ □ ▽	Posicionar no suporte da gravadora

1,96	○ → □ D ▽	Alinhar e marcar o lado da gravação
0,11	○ → □ D ▽	Alimentar a gravadora.
0,02	● ⇨ □ D ▽	Processar a peça na Engaver.
0,25	○ → □ D ▽	Retirar peça e fazer o visual.
0,09	○ → □ D ▽	Posicionar as peças no canal.
0,11	○ → □ D ▽	Apanhar canal e colocar no suporte do volante fixo
24,32	3 8 1 3 0	Total

Figura 5.6 – Fluxograma para o processo de gravação.

Novamente, utilizou-se o diagrama para determinar o tempo de ciclo para processar o produto, conforme pode ser visto na **figura A12** do anexo 1. Portanto, o tempo gasto para realizar o processo, descontando o *setup*, é de 0,42 minutos por peça. As paradas que ocorrem neste processo são: 0,17 minuto para manutenção e 0,15 minuto para a troca de turno.

O próximo processo realizado na célula é o torneamento de acabamento. O fluxograma do processo de torneamento acabado é ilustrado na **figura 5.7**.

GRÁFICO DO FLUXO DE PROCESSO 3		
Método atual	<input checked="" type="checkbox"/>	
Método Proposto	<input type="checkbox"/>	
ASSUNTO PESQUISADO: Análise do processo de torneamento Acabamento – máquina TAC		
LOCAL: Célula 23		Data: 17/12/2001
Tempo [minutos]	Símbolos	DESCRIÇÃO DO PROCESSO
27,89	● ⇨ □ D ▽	Setup da máquina
1,66	○ ⇨ □ ● ▽	Aguardando peça (programação)
0,46	○ → □ D ▽	Montar a árvore.
0,10	○ ⇨ □ ● ▽	Alimentar a máquina

0,39	● ⇨ □ D ▽	Processar a árvore.
0,09	● ⇨ □ D ▽	Descarregar
0,67	● ⇨ ■ D ▽	Inspecionar e preencher histograma.
3,00	○ ⇨ □ ■ ▽	Preencher OPA
0,39	○ ➡ □ D ▽	Desmontar árvores usinadas e posicionar peças no canal
34,65	4 2 1 3 0	Total

Figura 5.7 – Fluxograma para o processo de torneamento de acabamento.

O processo de torneamento acabado é realizado com o produto agrupado em árvores. As árvores são compostas por um grupo de peças com espaçadores centrais de três milímetros, sendo que as quantidades de peças por árvore são em torno de vinte e duas. A **figura A13**, presente no anexo1, mostra como este processo se desenvolve dentro da célula. Na verdade, o ciclo do processo de torneamento acabado, para uma árvore de 22 peças, é de 1,51 minutos.

O processo seguinte é o processo de rebaixo e chanfro das peças. A **figura 5.8** ilustra o fluxograma do processo para a atividade de rebaixo/chanfro.

GRÁFICO DO FLUXO DE PROCESSO 4		
Método atual	<input checked="" type="checkbox"/>	
Método Proposto	<input type="checkbox"/>	
ASSUNTO PESQUISADO: Análise do processo de rebaixo/chanfro– máquina 19755		
LOCAL: Célula 23		Data: 17/12/2001
Tempo [minutos]	Símbolos	DESCRIÇÃO DO PROCESSO
23,25	○ ⇨ □ ■ ▽	Setup da máquina
0,18	○ ➡ □ D ▽	Retirar canal do suporte e posicionar no suporte do rebaixo
0,10	○ ➡ □ D ▽	Alimentar manualmente a máquina.
0,28	○ ⇨ □ ■ ▽	Máquina parada (fazendo regulagem no rebaixo)
0,20	● ⇨ □ D ▽	Fazer o canal.
2,15	○ ■ □ D ▽	Peça sendo processada na fresa
0,13	○ ➡ □ D ▽	Retirar pacote, fazer visual e colocar no canal da máquina de escovar.

23,66	2 3 1 3 0	Total
-------	-----------	--------------

Figura 5.8 – Fluxograma do processo de rebaixo/chanfro.

O processo de rebaixo/chanfro é realizado produto por produto, ou seja, o processo é de nível de unidade, neste caso a operação é realizada por um operador e uma máquina. A taxa de produção varia de 1600 a 1800 peças/ hora. A **figura A14**, vista no anexo 1, mostra o ciclo de execução das atividades, na verdade o ciclo de produção do lote é de 0,41min.

O próximo processo desenvolvido na célula é o topejamento acabado. A **figura 5.9** ilustra o fluxograma do processo de topejamento acabado.

GRÁFICO DO FLUXO DE PROCESSO 5		
Método atual	<input checked="" type="checkbox"/>	
Método Proposto	<input type="checkbox"/>	
ASSUNTO PESQUISADO: Análise do processo de Topejamento acabado – Topejadora 424		
LOCAL: Célula 23		Data: 17/12/2001
Tempo [minutos]	Símbolos	DESCRIÇÃO DO PROCESSO
0,10	○ ⇨ □ ● ▽	Apontamento da Opa que sai
0,17	○ ⇨ □ ● ▽	Providenciar calibre de folga
1,15	○ ⇨ □ ● ▽	Espera pela peça.
0,08	○ ⇨ □ ● ▽	Preencher ficha da peça que entra
21,00	○ ⇨ □ ● ▽	setup
0,13	○ ➡ □ ▽	Apanhar peça no canal da máquina de rebaixo e alimentar topejadora
0,02	● ⇨ □ ▽	Peça sendo processada na topejadora
0,48	○ ➡ □ ▽	Retirar peça da topejadora, fazer a inspeção visual e posicionar no suporte do canal
0,72	○ ⇨ □ ■ ▽	Inspeccionar folga e preencher histograma (a cada oito peças).
0,08	○ ➡ □ ▽	Posicionar canal vazio ao lado da máquina

23,83	1 2 2 6 0	Total
-------	-----------	--------------

Figura 5.9 – Fluxograma do processo para o topejamento acabado

O processo de topejamento acabado também é um processo que ocorre em nível de unidade. Recorrendo a **figura A15**, do anexo1, pode-se determinar o tempo de ciclo para a execução do processo.

O processo seguinte é o escovamento, cujo fluxograma do processo é apresentado na **figura 5.10**.

GRÁFICO DO FLUXO DE PROCESSO 6		
Método atual	<input checked="" type="checkbox"/>	
Método Proposto	<input type="checkbox"/>	
ASSUNTO PESQUISADO: Análise do processo de Escovamento		
LOCAL: Célula 23		Data: 17/12/2001
Tempo [minutos]	Símbolos	DESCRIÇÃO DO PROCESSO
15,00	○ ⇒ □ ● ▽	Setup da máquina
0,13	○ ⇒ □ ● ▽	Descarregar máquina
0,13	○ ⇒ □ ● ▽	Carregar máquina e startar
0,47	● ⇒ □ □ ▽	Peça sendo processada.
0,05	○ ⇒ □ ● ▽	Restante da desmontagem
0,58	○ ⇒ □ ● ▽	Montar
0,32	● ⇒ □ □ ▽	Trocar canais
16,68	2 0 0 5 0	Total

Figura 5.10 – Fluxograma do processo para o escovamento.

A atividade de escovamento é realizada para as peças agrupadas em pacotes de 122 milímetros. O processo de escovamento apresenta uma taxa de produção de 5043 peças/ hora. A operação de escovamento é realizada por um operador, que é o mesmo responsável pela operação de

topejamento. Para efeito de simplificação, foram colocados dois diagramas homem-máquina, exibido na **figura A16**, no anexo 1. Contudo, poderia ser confeccionado um único diagrama, que incluiria as informações a respeito dos dois processos.

O processo seguinte ao escovamento é o bombeamento e a lapidação. Por serem semelhantes, a **figura 5.11** ilustra o fluxograma do processo para ambos.

GRÁFICO DO FLUXO DE PROCESSO 7		
Método atual	<input type="checkbox"/>	x
Método Proposto	<input type="checkbox"/>	
ASSUNTO PESQUISADO: Análise do processo de Bombeamento/Lapidação		
LOCAL: Célula 23		Data: 17/12/2001
Tempo [minutos]	Símbolos	DESCRIÇÃO DO PROCESSO
27,00	○ ⇒ □ ● ▽	Setup da máquina
0,12	○ ➔ □ □ ▽	Apanhar peças no canal e posicionar no suporte da máquina.
0,13	○ ⇒ □ ● ▽	Lavar pacotes de peças e posicionar no canal.
0,88	● ⇒ □ □ ▽	Peça sendo processada.
0,13	○ ⇒ □ ● ▽	Retirar peça do suporte da máquina e posicionar no canal.
28,26	1 1 0 3 0	Total

Figura 5.11 – Fluxograma para o processo de bombeamento/lapidação.

Os processos de bombeamento e lapidação são executados em cada unidade de produtos. Novamente, utilizou-se um diagrama para determinar o tempo de ciclo necessário para produção dos produtos, conforme mostra a **figura A17**, vista no anexo1.

Após ser definidos os processos, a próxima informação relevante é desenvolver um diagrama da célula do ponto de vista de seu cliente, ou seja, como uma cadeia de atividades e processos, que transformam a matéria-prima em produtos, de acordo com as especificações estabelecidas. Deste modo, **figura 5.12** mostra a célula *XV*, considerando-se os recursos necessários a produção, as atividades desenvolvidas e os produtos fabricados, destacando-se a relação dinâmica entre eles.

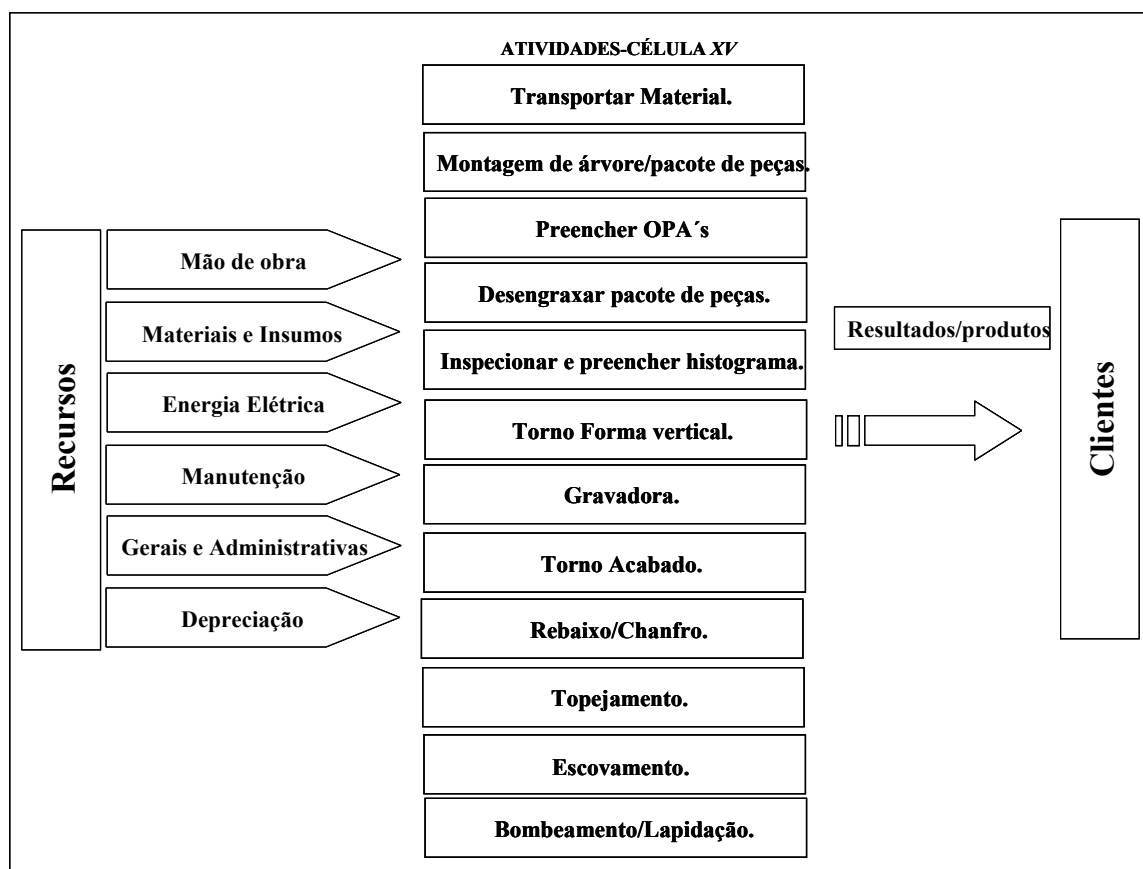


Figura 5.12 – Organização da célula XV por processos.

Com as informações a respeito do processo e produto, a próxima informação relevante é o consumo dos recursos, ou seja, o custo dos processos e atividades e, por consequência o custo das famílias de produtos. É importante ressaltar que a fase de custo é colocada logo após a fase de mapeamento, pois nesta fase já se tem em mente as possíveis melhorias a serem realizadas no sistema e, deste modo, a informação custo ultrapassa o propósito de servir somente aos relatórios financeiros, e passa a ser ferramenta estratégica, já considerada desde o chão de fábrica.

5.4 Definição do custo das atividades e dos objetos de custo

Na definição do custo dos processos e atividades da *célula XV*, o procedimento utilizado foi à análise dos livros contábeis da empresa, além dos apontamentos utilizados para controle da mão de obra, controle de materiais que entram na *célula XV*. Os dados foram coletados para um intervalo de seis meses, considerando o período de janeiro a junho de 2002.

Para o planejamento de um sistema ABC, conforme é mencionado por COLMANETTI (2001), a equipe responsável deve refletir se é necessário reestruturar todo o sistema de custeio ou aproveitar a característica do sistema atual. Deste modo, para a célula estudada, o sistema de custeio atual, por centro de custo, ou seja, os custos já estão todos alocados aos departamentos e centro de atividades, facilitou o projeto e implantação do sistema ABC. Contudo, fica salientado, que se isto não ocorresse era necessário uma fase, anterior as demais apresentadas neste trabalho, destinado a alocação dos custos aos departamentos e aos centros de atividades.

A **tabela 5.3** contém os recursos consumidos pela *célula XV*, agrupados em Grupo de recursos, considerando o mês de Janeiro de 2002, para efeito de sigilo os números foram multiplicados por uma constante.

Grupo de Recursos	Janeiro
Mão de obra	R\$ 15.635,00
Depreciação	R\$ 5.716,00
Manutenção	R\$ 12.619,00
Energia elétrica	R\$ 1028,00
Administrativo	R\$ 296,00
Materiais consumidos	R\$ 596,00
TOTAL	R\$ 35.890,00

Tabela 5.3 – Grupo de recursos consumidos pela célula para o mês de Janeiro de 2002.

O comportamento do consumo de recursos pela célula XV, para o período em análise é visto no **gráfico 5.1**. No anexo 2 pode ser observado todos os recursos consumidos pela célula XV, agrupados de acordo com a natureza do gasto.

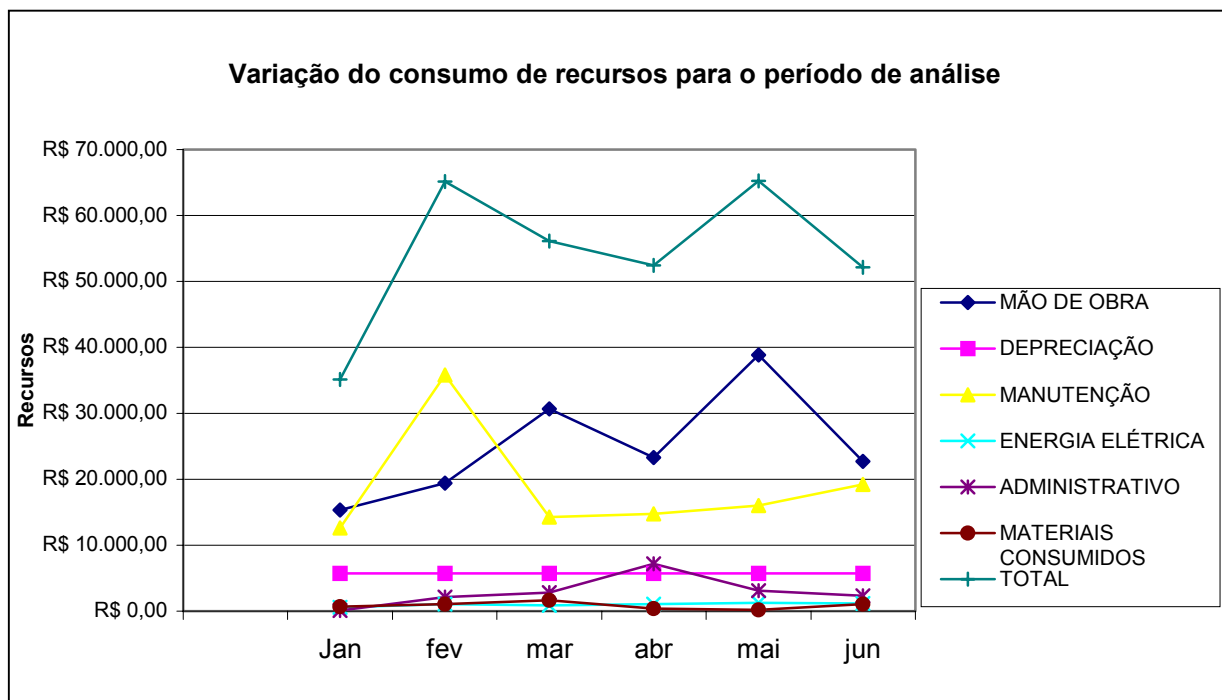


Gráfico 5.1 – Consumo de recursos pela célula XV para o período de análise.

Com todos os recursos consumidos pela célula determinados, pode-se proceder à análise preliminar, destacando-se os custos diretos e os indiretos. É exatamente neste ponto que o sistema ABC confere maior precisão na alocação de recursos e determinação dos custos indiretos. Os custos indiretos são aqueles que necessitam de uma base de alocação, não podendo ser atribuído diretamente aos produtos. No caso desta aplicação, os custos indiretos são os gastos com gerais e administrativos, depreciação e a manutenção. O enfoque do sistema tradicional de custeio atribui os custos indiretos com base nas horas de mão de obra e no volume de produtos fabricados, causando distorção para um ambiente onde a proporção de custos indiretos cresce em relação aos custos diretos. Deste modo, o ABC utiliza os direcionadores de recursos para minimizar a distorção na determinação dos custos dos produtos e processos. Portanto, a utilização do ABC inicia com a determinação e análise dos possíveis direcionadores de recursos. Esta análise deve considerar as situações em que o recurso pode ser alocado as atividades, as quais são: alocação direta, rastreamento e o rateio. A alocação direta é realizada quando existe uma identificação

clara, direta e objetiva de certos itens de custos com certas atividades. O rastreamento é feito com base na identificação da relação de causa e efeito entre a ocorrência da atividade e a geração de custos. Isto é realizado através do direcionador de recursos. O rateio é realizado somente se não existe a possibilidade de utilizar a alocação direta nem o rastreamento. Geralmente é baseada em unidades de volume (OSTRENGA *et al.* P 183, 1993; MARTINS p103, 1998). Deste modo, os grupos de recursos são analisados, verificando os possíveis direcionadores:

- **Mão de obra:** O grupo de recursos mão de obra contém os salários e encargos que a empresa fornece aos operadores. Estes dados foram obtidos junto ao departamento de recursos humanos, os benefícios contam entre outros, com salários, horas extras, encargos. Para a alocação da mão de obra aos processos, havia duas possibilidades. A primeira seria alocar os custos com a mão de obra, com base no número de operadores, conforme sugere MARTINS (1998). A segunda opção, a utilizada neste trabalho, é o número de horas gastas para desempenhar cada processo, obtido diretamente do apontamento de produção. Deste modo, é possível dar enfoque as atividades que ocorrem constantemente e aquelas dedicadas, as somente algumas famílias de produtos.
- **Manutenção:** Os custos com a manutenção dos equipamentos podem ser atribuídos diretamente aos processos, ou seja, por meio de alocação direta (OSTRENGA *et al.*, 1993; MARTINS, 1998; RASMUSSEN *et al.*, 1999). Deste modo, as manutenções realizadas na *célula XV* podem ser atribuídas aos processos diretamente, a partir do número de requisições feitas para a manutenção em cada equipamento. Estes dados podem ser obtidos nos apontamentos de paradas da célula para manutenção corretiva ou preventiva.
- **Energia:** A energia elétrica utilizada pela *célula XV* é totalmente consumida pelas máquinas responsáveis pelo processamento das peças. Deste modo, conforme sugerem KAPLAN e COOPER (2000) o custo com energia é diretamente alocada de acordo com o número de horas em que o equipamento de cada processo ficou em operação. Estes dados são facilmente coletados a partir de entrevistas com os responsáveis por desenvolver cada processo.
- **Materiais e Insumos:** Os grupo de recursos materiais e Insumos podem ser alocados utilizando-se como direcionador as requisições feitas por cada material ou insumo. Entretanto, alguns insumos, como por exemplo, os abrasivos são alocados diretamente aos processos que os utilizam.

- **Gerais e Administrativas:** O grupo de recursos gerais e administrativas incluem as despesas com a administração. Nesta categoria se encaixam, entre outros: aluguel, seguro contra incêndio e a mão de obra indireta ou auxiliar da produção. Os possíveis direcionadores para este recurso são a área necessária para desenvolver cada processo e o número de horas em que a célula ficou em operação (RASMUSSEN *et al.*, 1999; GUNASEKARAN, 1999). A decisão acerca de qual direcionador adotar não descarta a possibilidade de segregar este grupo em dois, com um direcionador para cada subgrupo.
- **Depreciação:** A depreciação refere-se a perda do valor do imobilizado (máquinas e os equipamentos) no tempo. Deste modo, está fortemente relacionado ao tempo de uso do aparelho. A depreciação pode ser feita multiplicando-se o valor investido no imobilizado pela taxa de depreciação para a categoria de equipamentos que se quer depreciar. Quando se deseja calcular o valor contábil do equipamento, basta subtrair o valor do investimento da depreciação por período multiplicada pelo número de períodos que se deseja.

A **tabela 5.4** apresenta os direcionadores de recursos definidos, após a análise do grupo de recursos.

Recursos	Direcionadores de recursos (por mês)
Manutenção	Número de requisições para manutenção.
Depreciação	Alocação direta aos equipamentos.
Geral Administrativo	Horas trabalhadas.
Materiais e Insumos	Número de requisições de materiais.
Energia	Horas de utilização das máquinas.
Mão de obra direta	Horas de mão de obra.

Tabela 5.4 – Recursos e direcionadores de recursos.

Para os dados do mês de Janeiro de 2002, determinamos o consumo de recursos por cada processo, a partir do direcionador de recursos. Novamente, para o grupo de recursos:

- **Manutenção:** O direcionador escolhido para a alocação dos custos com a manutenção é o número de requisições feitas para a manutenção dos equipamentos, considerando cada processo. Estes dados são obtidos nos registros do departamento de Planejamento e Controle

da Produção. Nestes registros, tem-se o número de requisição de manutenção e as horas em que o equipamento ficou sob manutenção. O anexo 3 apresenta o número de requisições para manutenção de cada processo.

- Depreciação: A depreciação pode ser alocada diretamente aos processos e atividade, nos quais o equipamento é utilizado (OSTRENGA *et al.*p182). Portanto, para determinar o valor da depreciação basta verificar a taxa de depreciação do equipamento por ano e transformá-la por mês. Estes dados são obtidos através do registro de entrada de equipamentos na célula, bem como a data em que o equipamento foi adquirido e seu valor de compra.
- Geral Administrativo: Para os recursos deste grupo, foi utilizado como direcionador as horas trabalhadas na célula.
- Materiais e Insumos: Os materiais e insumos foram alocados aos processos, adotando como direcionador o número de requisições feitas por cada material. Contudo, alguns insumos foram alocados diretamente porque são utilizados exclusivamente por um único processo.
- Energia: Para a energia consumida por cada equipamento, o direcionador escolhido foi o número de horas que o equipamento ficou em operação. Estes dados são obtidos diretamente na célula através do apontamento diário de produção e se encontram. Caso não fosse possível obter estes dados, uma estimativa para estes valores seria subtrair as horas em que cada equipamento ficou sob manutenção do número de horas que a célula ficou em operação.
- Mão de obra: De acordo com a tabela 5.3, o direcionador escolhido é o número de horas trabalhadas por cada funcionário em cada processo. Estes dados estão no anexo 4 e foram obtidos nos apontamentos da células e no departamento de recursos humanos. A tabela 5.4 apresenta os custos com mão de obra por processo, considerando o mês de Janeiro de 2002.

A **tabela 5.5** apresenta o custo de cada atividade desenvolvida no mês de Janeiro de 2002.

Atividades	Custo
Transportar	R\$ 2.336,66
Montagem de árvore/pacote de peças	R\$ 1.639,76
Preencher OPA	R\$ 2,57
Desengraxar pacote de peças	R\$ 2.012,08
Inspecionar e preencher Histograma	R\$ 1.049,65

Torno de forma vertical	R\$ 8.238,69
Gravadora	R\$ 3.542,65
Torno Acabado	R\$ 5.568,15
Rebaixo/chanfro	R\$ 2.499,35
Topejamento	R\$ 2.967,83
Escovamento	R\$ 2.557,56
Bombeamento/lapidação	R\$ 3.474,08
Total	R\$ 35.890,00

Tabela 5.5 – Custo dos processos para o mês de Janeiro de 2002

Com os processos custeados, pode-se proceder à análise qualitativa dos processos, juntamente com as informações obtidas com o mapeamento. Contudo, como a utilização do ABC fornece o custo dos produtos reduzindo-se o número de distorções, a etapa seguinte consiste em definir o direcionador de recurso de segundo estágio ou direcionador de atividades, para alocar os custos das atividades aos produtos. Para exemplificar o cálculo do custo dos produtos produzidos na *célula XV*, foram escolhidos dois produtos, com seu respectivo fluxo de produção. Para efeito de simplificação, considerou-se alguns processos consumidos pelos produtos: torneamento vertical, gravação, torneamento, rebaixo/chanfro, topejamento, escovamento e bombeamento. No entanto, para o cálculo do custo total dos produtos foram considerados todos os processos consumidos. Para denotar o consumo dos processos pelos produtos, atribuiu-se valor 0 se a peça não utiliza o processo analisado, 1 se utiliza somente uma vez e 2, para os produtos que utilizam o processo duas vezes, conforme mostra a **Tabela 5.6**.

Produto	Processos							Demanda
	TFV	GRAV	TAC	REB	TPJ	ESCO	BOMB	
AN21137.00	1	1	1	2	1	1	2	10000
AN18446.00	1	0	1	1	1	1	0	15168

Tabela 5.6 – Relação entre os processos e demanda.

O direcionador de atividades, responsável por atribuir os custos dos processos aos produtos, escolhido é a quantidade de horas gastas para fabricar a demanda requerida dos produtos, por cada processo. Os dados a respeito da produção de peças no período pode ser facilmente coletado no Setor de Planejamento e Controle da Produção através de pesquisa no arquivo de OPA's (ordem de produção).

Para ficar claro o processo de cálculo dos direcionadores de atividades, tomou-se novamente os produtos da **tabela 5.5**, considerando a demanda no mês e o tempo que cada atividade foi consumida pelos produtos, conforme a **tabela 5.7**.

Horas de Processos consumidos no mês (h)								
Produto	TFV	GRAV	TAC	REB	TPJ	ESCO	BOMB	Demanda
AN21137. 00	19,32	10,00	2,65	16,67	20,00	3,56	97,77	10000
AN18446. 00	10,69	0	4,02	12,64	30,34	5,40	0	15168
Total	237,46	200,38	55,88	162,24	421,50	75,04	497,05	

Tabela 5.7 – relação entre os processos e o tempo consumido em horas.

A seqüência para o cálculo dos custos das peças apresentada é a proposta por MARTINS (p 108, 1998) e apresenta semelhança com as utilizadas por vários autores (GUNASEKARAN, 1999; COSTA 1999; BIAGGIO *et al.* 2000):

- Determinação do custo unitário do direcionador para cada atividade: O custo unitário do direcionador é calculado dividindo-se o custo total do processo pelo número total de direcionadores, neste caso o total de horas utilização do processo que está sendo analisado. Deste modo, o custo unitário para o direcionador de recurso de segundo estágio para o processo de TFV é:

$$\text{Custo unitário do direcionador} = \text{R\$ } 8.238,69 / 237,46 \text{ horas} = \text{R\$ } 34,69 / \text{hora}$$

- A atribuição do custo do processo ao produto é dado pelo custo unitário do direcionador multiplicado pelas horas consumidas para atingir a demanda requerida, assim para o produto AN 21237:

$$\text{Custo do processo atribuído ao produto} = \text{R\$ } 34,69 * 19,32 \text{ horas} = \text{R\$ } 670,21$$

- O custo do processo por unidade do produto AN 21237 é dado por:

$$\text{Custo do processo por unidade do produto} = \text{R\$ } 670,21 / 10000 = \text{R\$ } 0,067$$

Efetuando-se o cálculo para os demais processos, obtemos os custos para cada processo para os produtos fabricados no mês de Janeiro de 2002. O anexo 5 apresenta o consumo de recursos de cada processo, para atender a demanda por cada produto. O custo do produto é dado pela somatória dos custos dos processos, consumidos por cada produto (GUNASEKARAN, 1999) mais o custo com matéria-prima (material direto). Deste modo, somando-se o custo determinado pelo ABC com os materiais diretos, pode-se determinar o custo total para os dois produtos analisados:

$$\text{Custo unitário do produto AN21137. 00} = \text{R\$ } 0,22 + 0,54 = 0,76.$$

$$\text{Custo unitário do produto AN18446. 00} = \text{R\$ } 0,13 + 0,18 = 0,31.$$

O custo dos demais produtos fabricados em Janeiro, inclusive o custo de matéria prima e o preço de venda dos produtos são apresentados **na tabela 5.8**.

Produto	Demanda	Custo ABC	Custo material	Custo total	Preço de venda	Margem de lucro - %
AN21138.00	4800	R\$ 0,28	R\$ 0,54	R\$ 0,82	R\$ 1,50	82,22
AN22505.10	4350	R\$ 0,18	R\$ 0,32	R\$ 0,50	R\$ 0,70	38,79
AN21139.00	13750	R\$ 0,28	R\$ 0,54	R\$ 0,82	R\$ 1,50	83,79
AN21137.00	10000	R\$ 0,27	R\$ 0,54	R\$ 0,81	R\$ 1,50	86,22
AN15617.00	44610	R\$ 0,17	R\$ 0,18	R\$ 0,35	R\$ 0,57	62,24
AN18446.00	15168	R\$ 0,11	R\$ 0,18	R\$ 0,29	R\$ 0,46	56,58
AN22505.30	1300	R\$ 0,18	R\$ 0,32	R\$ 0,50	R\$ 0,70	38,75
AN19858.00	109923	R\$ 0,15	R\$ 0,27	R\$ 0,42	R\$ 0,37	-11,74
AN22505.00	2050	R\$ 0,18	R\$ 0,32	R\$ 0,50	R\$ 0,70	38,77
AN22505.20	4800	R\$ 0,18	R\$ 0,32	R\$ 0,50	R\$ 0,70	38,79

Tabela 5.8 – Custo total e margem de lucro dos produtos fabricados em Janeiro de 2002.

Com os custos dos produtos determinados, pode-se analisar dentre os produtos fabricados, aqueles que fornecem maior margem de lucratividade e os que apresentam uma margem negativa. A informação a respeito da lucratividade dos produtos, geralmente é a principal entrada para o *ABM* estratégico. Deste modo, a empresa pode tomar decisões que possibilitem o aumento da lucratividade de determinada família de produtos, através da redefinição dos preços dos

produtos; substituição da família de produtos; aperfeiçoamento dos processos de produção ou, até mesmo, a eliminação ou não fabricação dessa família de produtos. O **gráfico 5.2** apresenta a margem de lucratividade por família de produtos para o mês de janeiro de 2002.

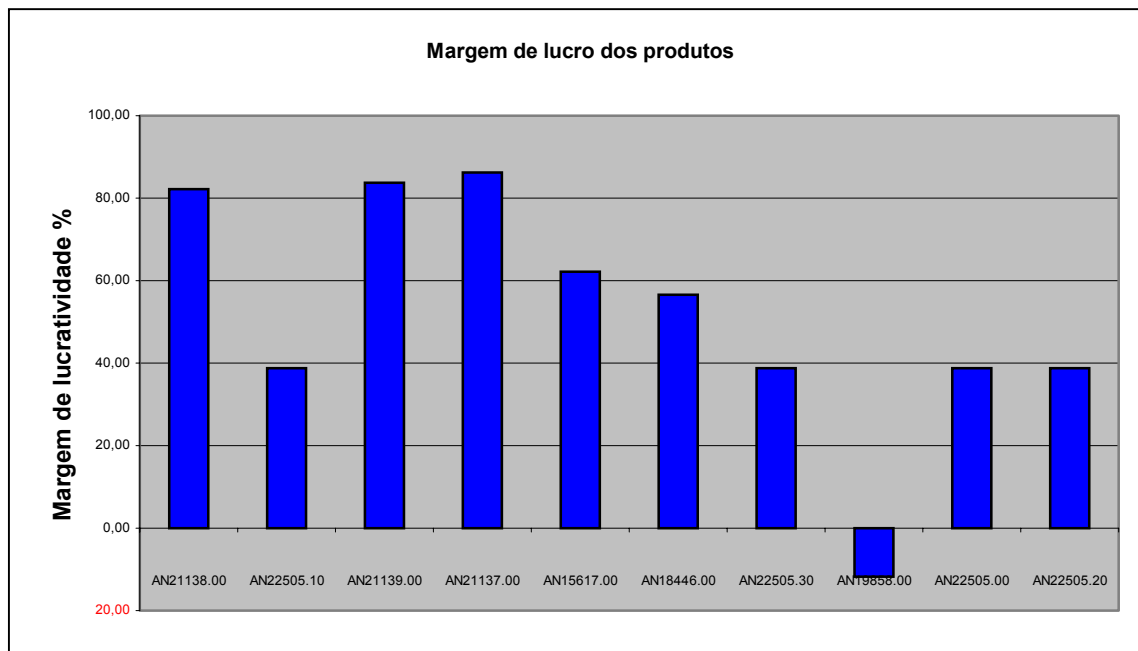


Gráfico 5.2 – Margem de lucratividade dos produtos fabricados em Janeiro de 2002.

Para os demais produtos fabricados no período de análise, foram também levantados os custos. Contudo, para realizar esta tarefa não foram calculados os custos mês a mês e depois calculada a média. Primeiramente somou-se o montante gasto para os seis meses de cada processo e dividiu-se pelo direcionador de atividade do período, determinando-se assim, o custo do produto para os seis meses. Deste modo, a **tabela 5.9** apresenta o custo dos produtos fabricados (incluindo-se o custo de matéria-prima) no período de Janeiro à Junho de 2002. O **gráfico 5.3** mostra a margem de lucratividade por produto, pode-se observar que o produto AN19858.00 apresenta uma margem negativa, possuindo uma alta demanda, além disso, outros produtos (AN22505.00) apresenta uma baixa margem de lucratividade.

Produto	Custo ABC	Custo total	Preço de venda	Margem de lucro - %
AN21138. 00	R\$ 0,57	R\$ 1,11	R\$ 1,50	35,4
AN22505. 10	R\$ 0,14	R\$ 0,46	R\$ 0,70	52,3
AN21139. 00	R\$ 0,25	R\$ 0,79	R\$ 1,50	89,2
AN21137. 00	R\$ 0,23	R\$ 0,77	R\$ 1,50	95,9
AN15617. 00	R\$ 0,19	R\$ 0,37	R\$ 0,57	54,0
AN18446. 00	R\$ 0,14	R\$ 0,32	R\$ 0,46	45,7
AN22505. 30	R\$ 0,18	R\$ 0,50	R\$ 0,70	39,9
AN19858. 00	R\$ 0,15	R\$ 0,42	R\$ 0,37	-12,3
AN22505. 00	R\$ 0,25	R\$ 0,57	R\$ 0,70	23,0
AN17891. 00	R\$ 0,14	R\$ 0,32	R\$ 0,57	80,5
AN22505. 20	R\$ 0,20	R\$ 0,52	R\$ 0,70	34,5
AN17891. 04	R\$ 0,13	R\$ 0,31	R\$ 0,57	81,5
AN22505. 30	R\$ 0,59	R\$ 0,91	R\$ 0,70	-23,0
AN18388. 04	R\$ 0,18	R\$ 0,36	R\$ 0,70	92,2
AN18388. 00	R\$ 0,13	R\$ 0,31	R\$ 0,70	123,6
AN21909. 00	R\$ 0,10	R\$ 0,64	R\$ 0,70	8,8
AN20859. 05	R\$ 0,20	R\$ 0,74	R\$ 0,70	-5,8
AN20859. 10	R\$ 0,20	R\$ 0,74	R\$ 0,70	-5,8
AN18388. 06	R\$ 0,20	R\$ 0,38	R\$ 0,70	83,4

Tabela 5.9 – Custo dos produtos fabricados no período de análise.

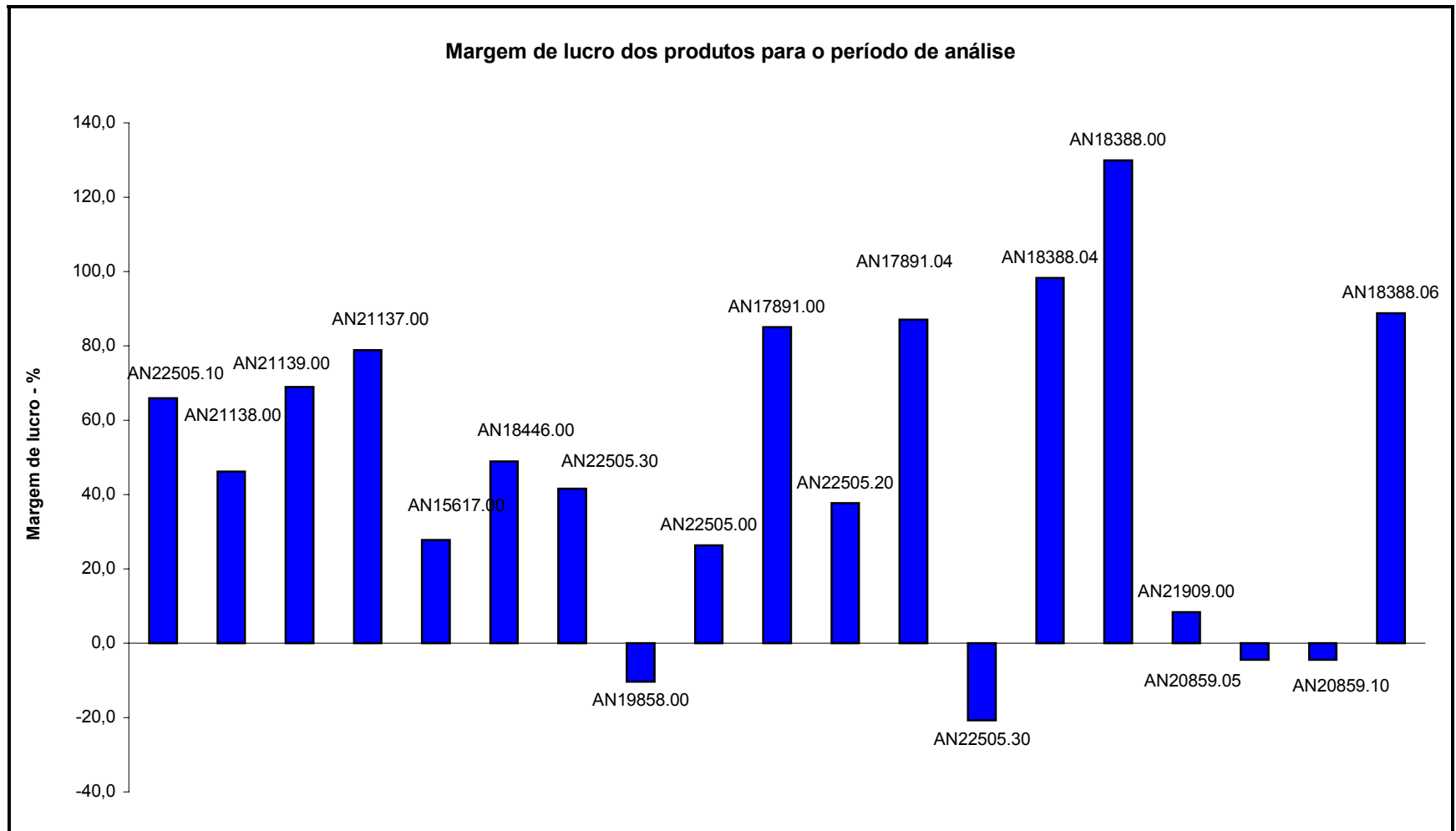


Gráfico 5.3 – Lucratividade dos produtos para o período de análise.

Entretanto, na análise do processo deve-se considerar a variação mensal no consumo de recursos, representado pelos direcionadores, os quais não são desenvolvidos somente para a determinação dos custos dos produtos, mas atuam como indicadores de desempenho das atividades e processos.

5.5 Análise dos processos e proposição das medidas de melhoria

A partir das informações fornecidas pelo mapeamento de processo pode-se determinar as áreas potenciais para a melhoria, utilizando-se as medidas não-financeiras. Com as informações acerca dos custos das atividades e processos, levantados pelo ABC é possível enriquecer a análise de melhoria dos processos, incluindo o consumo de recursos como um indicador de desempenho para a avaliação das atividades. A proposição de melhorias do sistema, realizada após se levantar os custos dos produtos, deve considerar os objetivos já fixados na escolha do sistema a ser utilizada a gestão baseada na atividade. Deste modo, as proposições de melhoria da *célula XV* deve considerar o problema da capacidade limitada do sistema frente a grande variedade de produtos e a oscilação na demanda. Portanto, a capacidade produtiva do sistema é enfocada nesta parte do trabalho.

Para ROSA (1996), a capacidade produtiva é definida como o tempo disponível total para a execução de uma determinada produção em um certo período de tempo. A capacidade produtiva traduz a disponibilidade de horas de trabalho gerado pela mão de obra direta. A capacidade produtiva são as horas que a empresa paga aos funcionários para a execução das atividades. Para a empresa A, são consideradas um total de 220 horas por funcionário por mês e um total de 517 horas dispendidas para a produção, considerando os três turnos. A questão da capacidade é alvo do custeio baseado em atividade, pois, segundo afirmam KAPLAN e COOPER (p135, 2000), o ponto central do ABC é fornecer informações relativas a capacidade, fazendo-se a distinção entre a capacidade utilizada e a não utilizada. Segundo os mesmos autores, a capacidade utilizada corresponde as horas efetivamente gastas para execução das atividades (obtidas diretamente do apontamento diário de produção). Portanto, o ABC deve propiciar aos gerentes *insights* sobre a existência, criação e a distribuição da capacidade utilizada e não utilizada. Deste modo, a equação fundamental do ABC é expressa na **figura 5.13**.

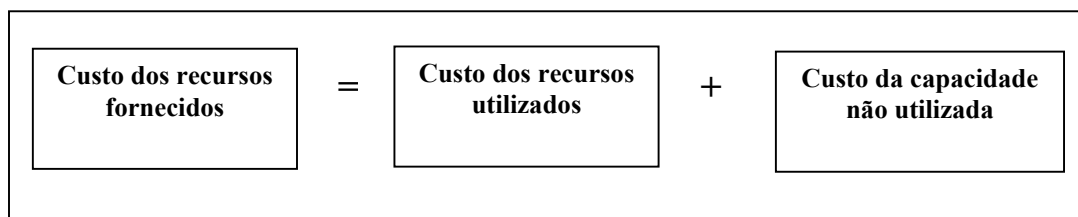


Figura 5.13 – Relação fundamental do sistema ABC para a capacidade (KAPLAN e COOPER, 2000).

O custo dos recursos fornecido, por cada processosa, para o mês de Janeiro pode ser visto no **gráfico de Pareto 5.4**. O gráfico de Pareto é útil nesta análise, pois relaciona o custo total incorrido no mês, com o custo desenvolvido em cada centro de atividade, que estão codificadas no gráfico de acordo com a **tabela 5.10**. Deste modo, pode-se verificar, uma grande parcela dos custos da *célula XV* se deve as operações desenvolvidas no torno de forma vertical, topejadora, rebaixo, torno acabado e gravação. Os menores incrementos para o custo são obtidos nas operações desenvolvidas nos equipamentos de Bombeamento/lapidação, escovamento, inspeção, desengraxe do pacote de peças, preenchimento de ordens de produção, montagem de pacotes e transportes.

Código	Atividades
A ₁	Transportar
A ₂	Montagem de árvore/pacote de peças
A ₃	Preencher OPA
A ₄	Desengravar pacote de peças
A ₅	Inspecionar e preencher Histograma
A ₆	Torno de forma vertical
A ₇	Gravadora
A ₈	Torno Acabado
A ₉	Rebaixo/chanfro
A ₁₀	Topejamento
A ₁₁	Escovamento
A ₁₂	Bombeamento/lapidação

Tabela 5.10 – Codificação das atividades.

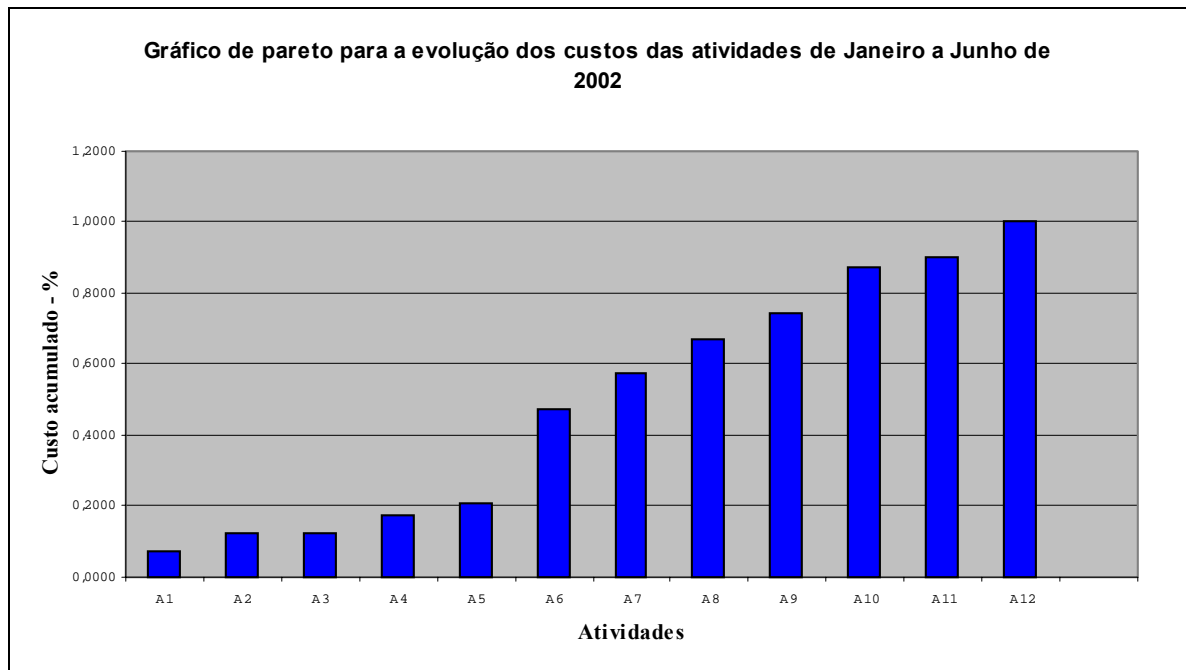


Gráfico 5.4 – Gráfico de Pareto para evolução dos custos das atividades para o período de Janeiro a Junho de 2002.

As questões a respeito da agregação de valor das atividades de inspeção e transporte foram analisadas e verificou-se que, embora sejam classificadas por alguns autores como sendo não valor agregado, para este caso elas não afetam o desempenho do sistema, pois são realizadas em paralelo, ou seja, quando os equipamentos estão em funcionamento.

Para verificar quais os recursos que mais contribuíam para os custos dos processos, foi elaborado um gráfico de Pareto para os custos de cada processo que apresentaram custo superior aos demais. Portanto pode-se perceber, através do **gráfico 5.5**, que os maiores incrementos nos custos dos centros de atividades se deve a manutenção dos equipamentos, tendo um forte impacto, principalmente no torno de forma vertical e no torno acabado. Os custos com materiais apresentam um comportamento bem variado, dependendo do processo. Como exemplo, pode-se citar o centro de atividades de bombeamento/lapidação, os quais utilizam abrasivos e lubrificantes, que não são utilizados por outros centros de atividades. Isto foi conseguido, graças ao direcionador de recursos ou direcionador de primeiro estágio, dando idéia exata do local onde estão sendo mais consumidos os recursos com materiais e insumos. Já os custos com a energia elétrica, além de incorporar as horas em que o equipamento ficou em funcionamento, também são

afetados pela potência de cada máquina. Para os custos de mão de obra, pode-se verificar que causam maior impacto nos centros de atividades de bombeamento/lapidação e na topejadora. De fato, estas duas máquinas possuem os maiores tempos de processamento dentro da célula, como a topejadora é utilizado pela maioria dos produtos, pode-se considerar esta operação como sendo o gargalo da célula.

A medida de Eficácia do Ciclo Produtivo, ECP, definido no item 3.5.2, também contribui para análise da capacidade do sistema, servindo de ponto de partida para a análise preliminar do processo, colocando em evidência as atividades que consomem recursos, mas não geram valor aos produtos. Deste modo, o ECP relaciona o tempo de processamento, T_p , com o tempo total de fabricação do lote de peças, *throughput*, T_t , indicando-se as possíveis melhorias para a redução no tempo de ciclo de produção. A **tabela 5.11** mostra os dados obtidos com o mapeamento e que são utilizados para determinar a Eficácia do ciclo de produção, incluindo o nível de execução das atividades. De início, pode-se perceber que a ECP varia de acordo com o produto que está sendo processado, por causa da atividade de usinagem da peça, executada no torno de forma vertical.

Para o cálculo da ECP e análise do processo de fabricação dos produtos da *célula XV*, deve-se ter atenção na determinação do tempo de processamento, o qual é obtido somando-se os tempos de execução das atividades nos equipamentos, pois determinadas atividades são realizadas em unidades e outras em pacotes ou árvores. Portanto ao calcular o ECP, tem-se duas alternativas: multiplicar o tempo de execução das atividades em nível de unidade pelo número de peças do pacote ou dividir o tempo de execução das atividades realizadas com o produto em pacotes pelo número de produtos no pacote. Para este trabalho, considerou-se a primeira alternativa, porque o transporte do produto ocorre com os produtos em canais, os quais comportam a mesma quantidade de peças de um pacote ou árvore de peças. O tempo de usinagem no torno de forma vertical é igual a 7,55 minutos (para o produto AN21139), deste modo para determinar a ECP, primeiramente foi calculado o tempo de processamento, de acordo com a **equação 5.1**:

$$T_p = 7,55 + 0,12 * 22 + 0,70 + (0,10 + 0,12) * 22 + 0,47 + 0,88 = 17,08 \text{ minutos} \quad (5.1)$$

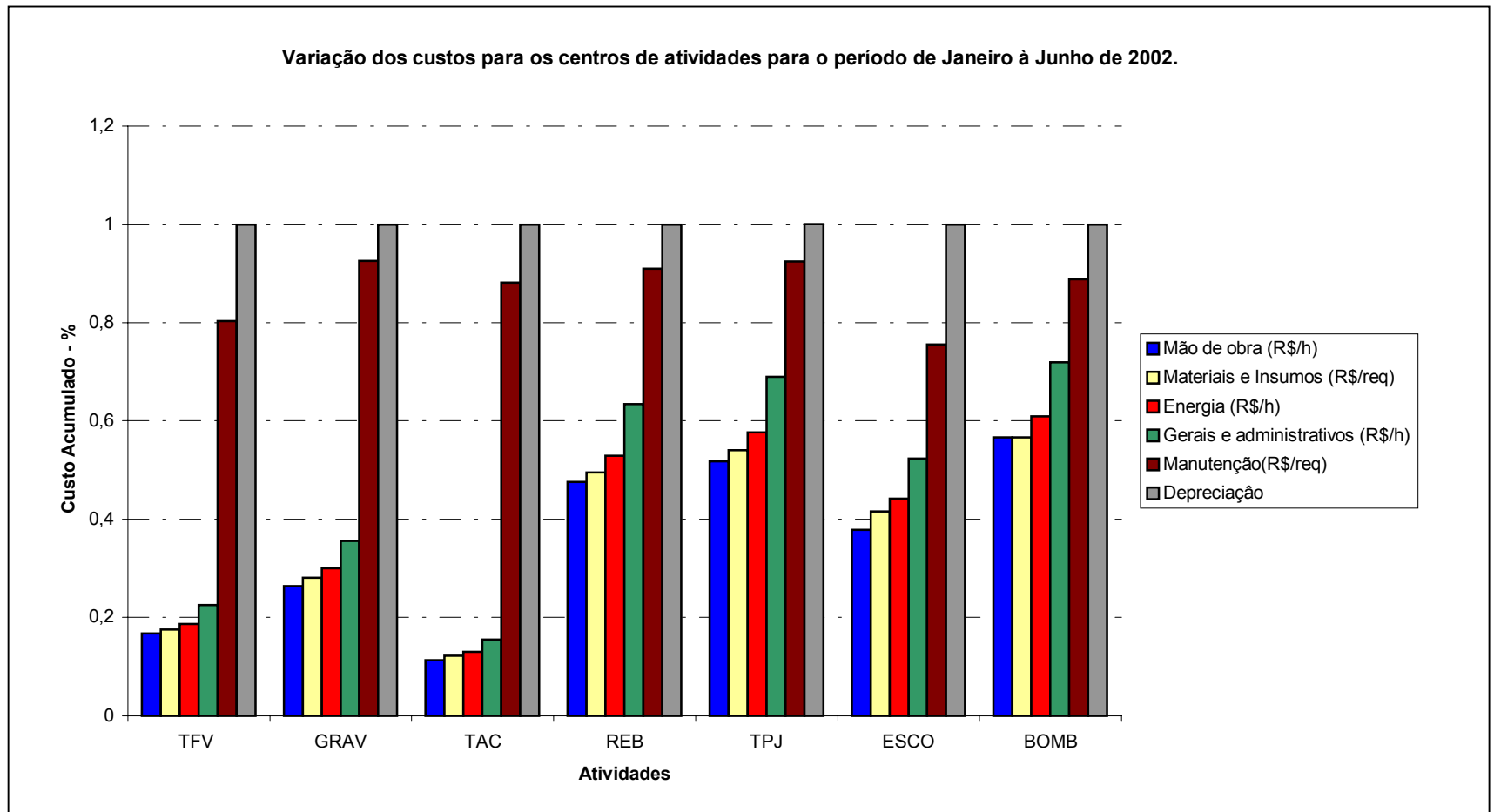


Gráfico 5.5 – Gráfico de Pareto para os processo de maior consumo de recursos.

Atividades	Tempo de execução (minutos)	Nível de execução
Transporte	2,85	Árvore/Pacote
Montar pacote de peças	2,00	Árvore/Pacote
Preencher OPA	3,00	Lote
Desengraxar pacote de peças	5,00	Árvore/Pacote
Inspecionar e preencher Histograma	2,13	Lote
Torno de forma vertical	variável	Árvore/Pacote
Gravadora	0,12	Unidade
Torno Acabado	0,70	Árvore/Pacote
Rebaixo/chanfro	0,10	Unidade
Topejamento	0,12	Unidade
Escovamento	0,47	Árvore/Pacote
Bombeamento/Lapidação	0,88	Unidade

Tabela 5.11 – Tempo de execução das atividades na célula XV.

O tempo de *throughput* é determinado somando-se os tempos observados para a execução do processo. Portanto, o tempo de *throughput* inclui o tempo de *setup* das máquinas e as esperas, conforme observado na **tabela 5.12**.

Máquina	Tempo de setup - minutos
Torno de forma vertical	0,30
Gravadora	15,00
Torno Acabado	27,89
Rebaixo/chanfro	23,25

Topejamento	21,00
Escovamento	15,00
Bombeamento/Lapidação	27,00

Tabela 5.12 – Tempo de *setup* das máquinas.

O tempo de *throughput* para os processos da célula XV é, então, obtido pela soma de todos os tempos consumidos para a execução dos processos. Deste modo, o tempo de *throughput* é igual ao tempo de processamento acrescido do tempo de *setup*, ou seja, 60,35 minutos.

A ECP é determinada pela **equação 5.2**:

$$ECP = 17,08/60,35 = 0,283 = 28,3\% \tag{5.2}$$

A variação da ECP, considerando-se os vários produtos fabricados pode ser observada no **gráfico 5.6**.

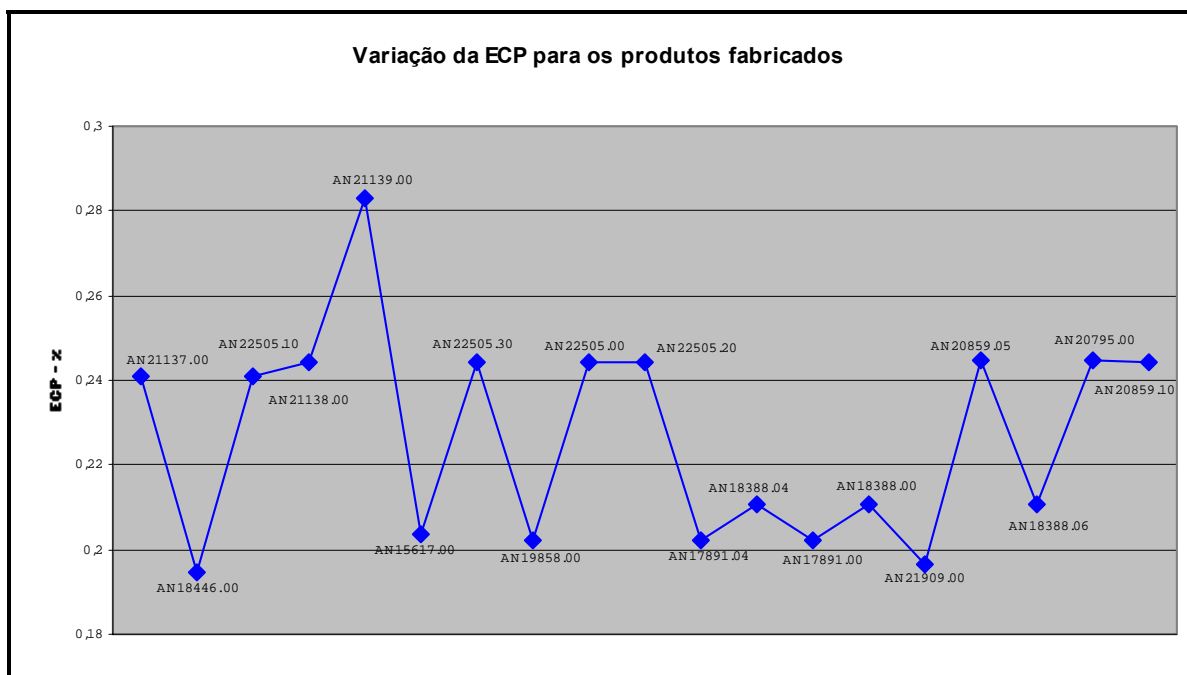


Gráfico 5.6 – Variação da ECP, considerando os vários produtos fabricados na célula.

Pela análise do **gráfico 5.6**, pode-se perceber que a ECP apresenta valores mínimos para determinados produtos. Esta característica leva a reflexão a respeito da configuração do sistema,

pois determinados produtos consomem somente alguns processos realizados na célula, e quando são fabricados em conjunto com os demais, tem seu ciclo de produção afetado por esperas e filas decorrentes de determinadas configurações do sistema, o qual torna complexo o fluxo de produção de tais itens. A situação é ainda agravada pelo pouco espaço ou área dentro da célula, favorecendo o redesenho do arranjo físico dos equipamentos. Deste modo, a operação de bombeamento, a qual somente trinta por cento dos produtos consomem, pode ser retirada de dentro da célula, formando uma célula que atenderia outros produtos que utilizam esta atividade. Medidas em relação ao tempo de *setup* se fazem necessárias na *célula XV*, porque a maioria das atividades desenvolvida nos equipamentos é muito inferior ao tempo de *setup*, um exemplo é a atividade de usinagem no torno acabado, cujo tempo de execução varia de 0,65 a 0,70 minutos, e o tempo de *setup* é de 27,89 minutos. Existem duas alternativas para a empresa *A*, a primeira é a redução do número de *setup* e a segunda a redução no tempo de *setup*. A redução no número de *setup* pode penalizar a empresa, em termos de flexibilidade enquanto que a redução do tempo de *setup* pode exigir investimentos em recursos adicionais por parte da empresa.

O segundo aspecto para o aprimoramento das atividades da *célula XV* consiste em medir e gerenciar a capacidade do sistema. A definição de capacidade de atividade ou operação, segundo SLACK *et al.* (1997), é o máximo nível de atividade de valor adicionado em determinado período de tempo, que o processo pode realizar sob condições normais de operação. Segundo os mesmos autores, a capacidade deve ser expressa em insumos (horas/mês ou horas/ano) ou em termos de volume de produção, como por exemplo, unidades por mês. Uma medida comum para avaliação da capacidade de uma operação ou processo, consiste em calcular o rendimento ou utilização do processo. Segundo ROSA (1996), esta medida relaciona as horas de operação do sistema e as horas efetivamente pagas. Para a *célula XV*, a capacidade de projeto definida é de 517 horas/mês resultando em 3102 horas em um semestre e, para mão-de-obra, a empresa é considerado o mínimo de 220 horas/mês para cada empregado em cada turno, que corresponde a 5060 horas/mês e para o semestre equivale a 30360 horas/semestre. Deste modo, a utilização para a mão-de-obra é determinada dividindo-se o tempo operacional, ou horas reais, em que a mão de obra esteve atuando nos processos, transformando a matéria prima em produto, pela capacidade produtiva ou horas pagas a mão de obra. A **tabela 5.13** mostra os dados utilizados para o cálculo da utilização da mão de obra no semestre.

Descrição	Valores acumulados para o período de análise (Janeiro a Junho de 2002)
Horas em registro (horas)	18779
Absenteísmos (horas)	38
Afastamento por doença (horas)	297
Horas extras (horas)	1262
Capacidade Produtiva (horas)	19706
Setup (horas)	120
Paradas e Manutenção (horas)	810,02
Outros motivos (horas)	112
Tempo em que a célula esteve em operação	18663,98

Tabela 5.13 – Boletim da produção para o período de Janeiro à Junho de 2002.

A utilização ou rendimento é, então determinada através **da equação 5.3**:

$$Utilização = \frac{TO}{CP} = \frac{18663,98}{19706} = 94,7\% \quad 5.3$$

A utilização ou rendimento do sistema indica a proporção dos recursos planejados em relação aos recursos utilizados, ou disponíveis para a produção. No entanto, segundo alerta SLACK *et al.* (1997), como medida de desempenho pode levar a decisões errôneas. Para a *célula XV*, a alta utilização decorre da alta demanda por produtos. Deste modo, a utilização fornece a situação de operação da célula, ou seja, atua em torno de 95 % de sua capacidade, caso ocorra algum pedido extra por produtos fabricados nesta célula, a empresa correrá o risco de não atender o cliente. Deste modo, a utilização coloca em enfoque a demanda por produtos na célula, propondo como melhoria políticas de gerenciamento da capacidade com base na demanda requerida.

Embora a utilização seja aproximadamente 95%, existem algumas questões a discutir. Quando se calcula a utilização, se leva em consideração a capacidade produtiva do sistema, com base na mão de obra envolvida e o tempo operacional, que nada mais é que a capacidade, retirando-se as paradas, sejam elas planejadas ou não planejadas. Contudo, deve-se procurar medidas que relacionam cada operação, de modo a se avaliar a correta configuração dos equipamentos, principalmente em se tratando de uma célula de manufatura. Portanto, a **tabela 5.14** mostra os dados a respeito das horas de operação de cada equipamento, para o período de Janeiro de 2002 à Junho de 2002, os quais servem de entrada para o cálculo do rendimento de cada centro de atividade.

Centro de atividades	Horas trabalhadas
Torno forma vertical	1527,13
Gravadora	947,94
Torno acabado	327,25
Rebaixo/Chanfro	1258,68
Topejamento	2421,23
Escovamento	423,13
Bombeadora/Lapidadora	1635,92

Tabela 5.14 – Centro de atividades e horas de operação no período de Janeiro de 2002 à Junho de 2002.

A análise de utilização dos centros de atividades é realizada com base no **gráfico 5.7**, comparando-se a utilização para os diversos centro de atividades. Vale ressaltar que a *célula XV* possui dois tornos de forma vertical, duas gravadoras, dois tornos acabados, duas máquinas de rebaixo/chanfro, uma topejadora, uma máquina de escovamento e três bombeadoras/lapidadoras. A questão é avaliar se os equipamentos estão aumentando a capacidade do sistema, ou se não está apenas ocorrendo o problema comum em células de manufatura: duplicidade de equipamentos, caracterizados por baixa utilização das máquinas. Pode-se perceber que a maior utilização que ocorre na célula é para a topejadora e a menor é para o escovamento. De fato, a topejadora possui um dos maiores tempos de processamento, além de existir um único equipamento dentro da célula. O escovamento é uma das operações com um dos menores tempos de processamento, aliás, o operador responsável pelo processamento da peça na topejadora, também é responsável por processar a peça na operação do escovamento. O torno de forma vertical também apresenta

baixa utilização, isto faz refletir sobre a necessidade de dois equipamentos dentro da célula, um agravante para esta situação é que o custo de manutenção deste equipamento é elevado, além do torno de forma vertical representar quase cinquenta por cento da depreciação de todos os equipamentos da célula. Quanto a máquina de bombeamento, a primeira vista parece ser o gargalo da célula, neste caso, ao se tomar decisões considerando esta operação como gargalo, procurando priorizá-la, toma-se uma decisão errônea, pois apenas trinta por cento dos produtos fabricados nesta célula utilizam as bombeadoras/lapidadoras. Deste modo, foi proposto a retirada de um torno de forma vertical, as três bombeadoras/lapidadoras e uma gravadora, formando-se com estes equipamentos uma nova célula de igual capacidade. Esta nova célula de apoio serviria para desafogar as demais, além de poder ser utilizada para o processamento dos lotes de amostras, ou seja, produtos que estão sendo desenvolvidos e serão oferecidos aos clientes e caso sejam aceitos passam a fazer parte de linha de produtos da empresa.

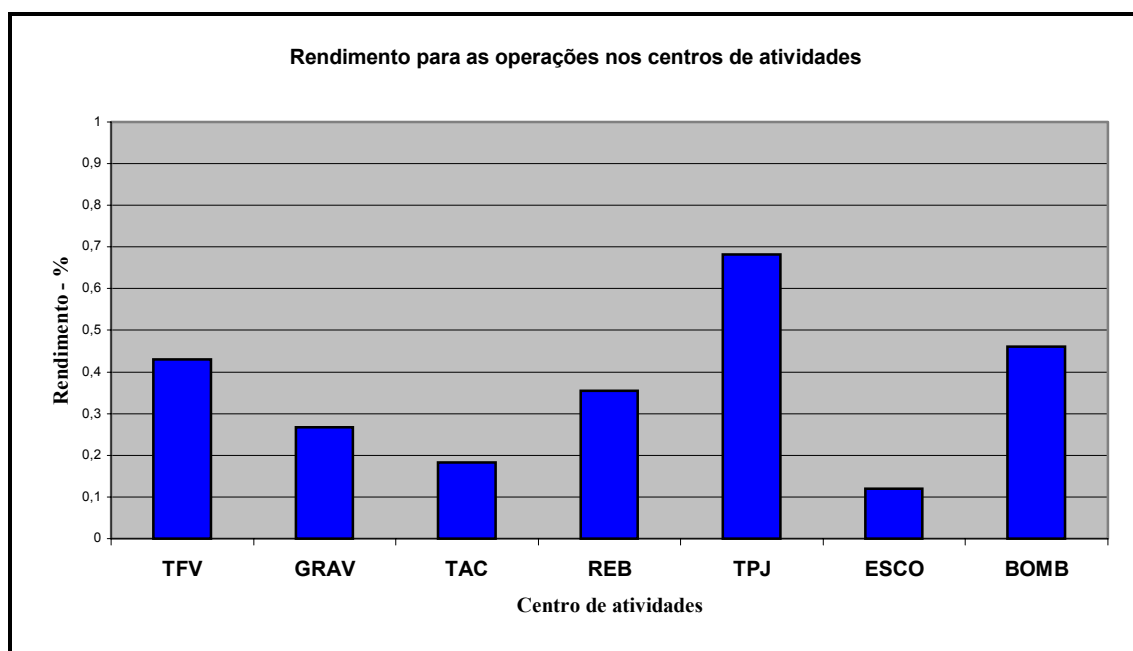


Gráfico 5.7 – Rendimento dos centros de atividades.

5.6 Simulação do sistema e análise das medidas de melhoria

A aplicação da simulação para verificar os benefícios das mudanças propostas através da análise de custo e desempenho do sistema atual foi dividida em três partes: a primeira fase corresponde a definição do problema e o estabelecimento do objetivo do estudo. Na fase seguinte é realizada a

coleta de dados, que em sua maioria são dados complementais aos que já foram levantados no mapeamento de processo. Uma consideração que norteia o processo de coleta de dados é determinar a relevância de cada informação dentro do estudo de simulação, pois algumas informações já determinadas podem não ser incorporada ao modelo de simulação, porque podem gerar um modelo excessivamente complexo. Para realizar a simulação, foi escolhido o mês de Julho de 2002, por ser o mês imediatamente posterior ao último período de coleta de dados para a análise do sistema, através da ABM (Junho de 2002). No entanto, desde que exista facilidade de obtenção dos dados, não há empecilho para utilizar outro mês como intervalo para a simulação. A análise preliminar, utilizando-se as informações geradas pelo *ABC* e pelas medidas de eficácia de ciclo e rendimento, proporcionou melhor entendimento do sistema produtivo, focalizando em que característica do sistema o gestor da célula *XV* deve agir. Definidos os dados relevantes, é feita a escolha do software e modelagem do sistema e a validação do modelo. Finalmente, após a validação do modelo, é realizada a experimentação, ou seja, a implantação das medidas de melhoria no modelo construído no software e a análise dos relatórios fornecidos.

5.6.1 Definição do objetivo do estudo de simulação

A preocupação principal que deve conduzir a utilização da simulação é que o estudo seja capaz de focar somente as partes que devem ser analisadas, destacando o impacto das medidas de melhoria sobre o sistema de manufatura. Na *célula XV*, as mudanças propostas no *layout* visam proporcionar melhor utilização dos recursos, principalmente da mão-de-obra e equipamentos, sem, no entanto, descartar a possibilidade de investimentos em alguns equipamentos, caso necessário. A **tabela 5.15** apresenta as principais propostas de melhoria na configuração da *célula XV*, definidas a partir das etapas anteriores da abordagem metodológica, as quais avaliaram o arranjo físico sob a perspectiva de desempenho e dos recursos utilizados na célula.

Para a fase de definição do objetivo do estudo de simulação, é necessário, esboçar a possível estrutura do modelo, delineando as variáveis que servirão para a avaliação do sistema. Portanto, a **figura 5.14** apresenta o esquema fundamental deste estudo de simulação. É importante utilizar as variáveis já definidas na fase de análise do processo. Deste modo, as variáveis independentes, ou entradas do modelo, são os recursos fornecidos ao sistema e o número de peças. Os recursos correspondem, dentre outros, aos insumos, energia e mão de obra necessários ao funcionamento da célula. O número de peças é importante, porque as peças que entram na célula se transformam

em estoque em processo dentro da célula. As variáveis independentes são: custos dos produtos, quantidade de peças acabadas e estoque em processo (*WIP*).

Sistema atual	Sistema projetado
Utilização de dois tornos de forma vertical	Retirada de um torno.
Utilização de duas gravadoras.	Retirada de uma gravadora
Presença de três bombeadoras/lapidadoras	Retirada das operações de bombeamento.
	Criação de uma célula a partir do torno vertical, gravadora e das máquinas de bombeamento retirados da célula XV.

Tabela 5.15 – Principais objetivos do estudo de simulação para a célula XV.

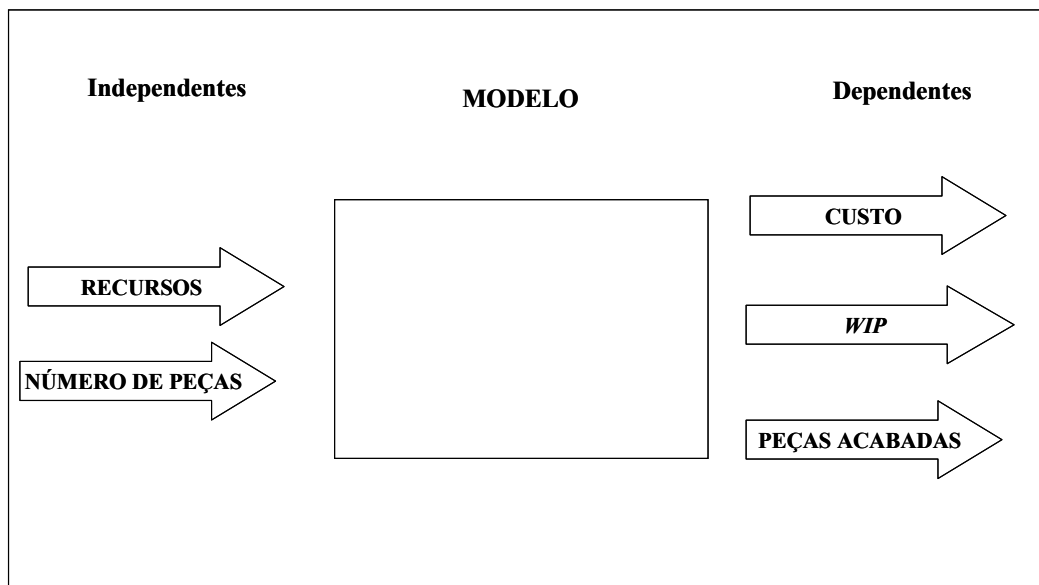


Figura 5.14 – Esquema fundamental para o estudo de simulação

No entanto, embora os objetivos do estudo de simulação estejam definidos, é provável que durante a modelagem e/ou a experimentação possam surgir interesses a respeito de determinadas características do sistema, que vem a completar a análise do sistema como um todo. Deste modo, pode-se cogitar em acrescentar alguns fatores, tal como o sequenciamento das peças ao entrarem

na célula, procurando destacar a seqüência ótima, a qual fornecem o menor custo e o menor tempo de processamento, simultaneamente.

5.6.2 Coleta e tratamento dos dados

A coleta de dados para a simulação constou apenas de dados adicionais sobre manutenção. A natureza dos dados deve ser considerada nesta fase. HARREL *et al.* (2002) afirmam que os dados que alimentam o software podem ser determinístico ou estocásticos. Para a *célula XV* foram utilizados dados determinísticos, que fornecem uma resposta dentro do sistema. Após o modelo ter sido validado, foram colocados dados estocásticos no modelo, que são os dados colocados sob a forma de distribuição de probabilidade. Isto garante que o modelo construído é capaz de fornecer uma gama de possíveis configurações e respostas, tornando seu comportamento bem próximo do real. Deste modo, foi necessário estipular e definir o tipo de distribuição dos tempos de execução das atividades, o tempo entre falha dos equipamentos e o tempo de chegadas de pedidos.

HARREL *et al.* (2002) também salienta que um ponto importante na coleta e análise dos dados é a escolha do tipo de distribuição padrão a ser utilizada para os dados levantados. Esta fase é importante porque a distribuição padrão ajuda a nivelar as irregularidades que podem existir nos dados devido a perda de valores durante o período de coleta de dados. Contudo, uma das principais dificuldades que podem surgir é a determinação de qual distribuição padrão se encaixa nos dados coletados. Para esta tarefa, existem em diversos softwares, o teste de “bondade de ajuste” ou *goodness-of-fit*, sendo largamente empregado o teste *qui-quadrado* (χ^2). Este teste avalia a hipótese que os dados observados são variáveis aleatórias independentes, com a função distribuição de probabilidade indicada. Calculando-se o valor de χ^2 para os dados empíricos e comparando-se com um valor crítico χ^2 , se ocorrer um valor de χ^2 empírico menor que o tabelado, então a distribuição proposta não pode ser rejeitada como uma boa representação da distribuição empírica. A análise dos dados, para encontrar a distribuição padrão foi realizada com a utilização do *Statfit*. Como exemplo de utilização, pode-se calcular a distribuição padrão para o processo de gravação do AN 19858. Primeiramente, o módulo de análise estatística do *Promodel* é carregado com trinta valores coletados aleatoriamente durante o período de mapeamento. A **figura 5.15** apresenta o relatório de saída, comparando-se a distribuição padrão que melhor se ajusta aos dados empíricos. O módulo de análise estatística também fornece a característica da

distribuição encontrada, conforme pode ser visto na **figura 5.16**. Para o produto AN 19858, a operação de gravação segue uma distribuição normal, com média 0,057 hr com desvio padrão 0,0035 hr. A análise estatística dos dados foi realizada, principalmente para as operações de gravação, topejamento, bombeamento e rebaixo/chanfro.

Function	Sq Error
Normal	0.000215
Beta	0.000759
Weibull	0.000915
Gamma	0.00111
Erlang	0.00114
Lognormal	0.00203
Triangular	0.131
Uniform	0.309
Exponential	0.406

Figura 5.15 – Relatório de saída comparando-se as distribuições padrões possíveis.

```

Distribution: Normal
Expression: NORM(0.0557, 0.00305)
Square Error: 0.000215

Chi Square Test
Number of intervals = 2
Degrees of freedom = -1
Test Statistic = 0.0111
Corresponding p-value < 0.005

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.152
Corresponding p-value > 0.15

Data Summary

Number of Data Points = 30
Min Data Value = 0.049
Max Data Value = 0.062
Sample Mean = 0.0557
Sample Std Dev = 0.00311

```

Figura 5.16 – Característica da distribuição padrão.

5.6.3 Escolha do software e construção do modelo

Para a modelagem de sistemas existem diversos softwares. Na construção do modelo da *célula XV*, o software escolhido foi o *Promodel* da Promodel Corporation, cuja representante no Brasil é a *Belge Engenharia e Sistemas*. A decisão em adotar o *Promodel* é que este já é utilizado na disciplina *PSM02, Simulação e Tecnologia de Grupo* na UNIFEI, o que garante uma certa

familiaridade em relação às ferramentas do software. A **figura 5.17** mostra a tela de abertura do *Promodel*, ao ser carregado no *windows*.

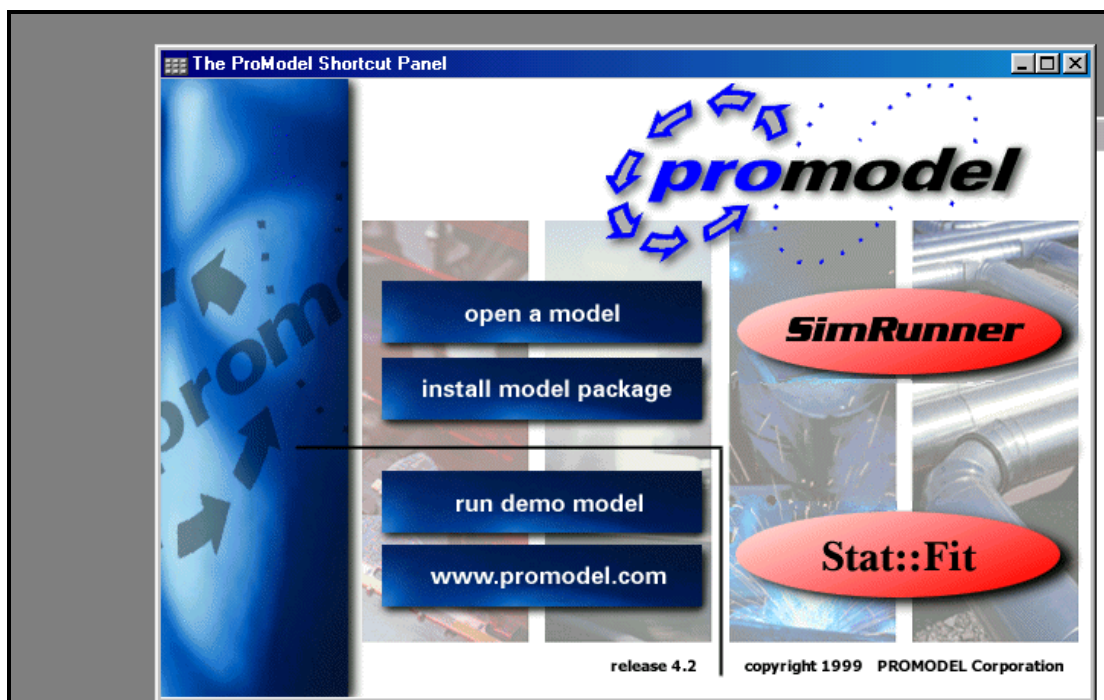


Figura 5.17 – Tela de abertura do *Promodel*.

Os principais elementos na modelagem dos sistemas produtivos no *Promodel* são as *entities*, *locations*, *arrivals* e *processing*. Conforme mostra a **figura 5.18**, estes elementos são definidos no menu *Build*, onde também são definidos os *resources* (que não maioria das vezes são os operadores, podendo ser também, ponte rolantes). Também podem ser variáveis para acompanhar as diferentes configurações do sistema. O módulo de custo, *Cost*, está presente no menu *Build*, podendo ser definidas as taxas de consumo de recursos, as quais podem ser acompanhadas durante a simulação.

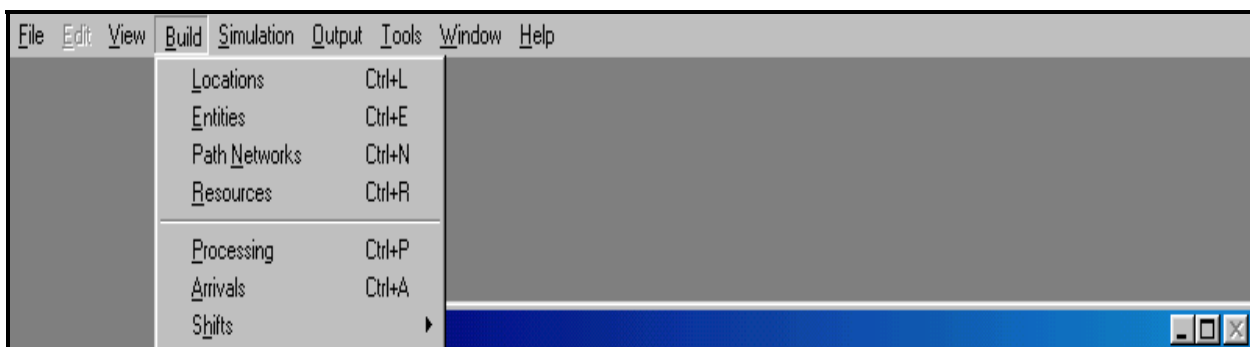


Figura 5.18 – Menu *Build*, usado para a entrada dos elementos no software.

As definições para os elementos é realizada abaixo:

- **Locations:** Representam os lugares fixos do sistema, onde as *entities* são enviadas para serem processadas ou ficam aguardando alguma decisão sobre o processo seguinte. As *locations* são usadas para representar elementos como: *workstations*, *buffers* e *conveyors*. Geralmente, as *locations* possuem restrições de capacidade e podem ser de unidade simples (como por exemplo, uma simples máquina capaz de transportar/processar uma ou mais peças) ou *locations* de multi-unidades (como por exemplo, máquinas em paralelo desempenhando a mesma operação). As *locations* podem ser representado por um gráfico no layout que está sendo construído. A **figura 5.19** exibe a *location* construída no editor gráfico do *Promodel*®4.22, que representa o torno de forma vertical. No módulo de construção das *locations* podem ser incluídos atributos e paradas ou *downtimes*, de natureza planejada ou não. Cada *location* tem definidas regras para seleção das *entities* que entram e as que deixam a *location*. Pode-se referenciar as *locations*, no modelo, pelo nome, mas também, podem ser referenciada por um índice-numérico usando a função LOC(). Também se pode definir dois tipos especiais de *locations*: *conveyors* e *queues*, os quais permitem a movimentação da *entity* dentro do sistema.

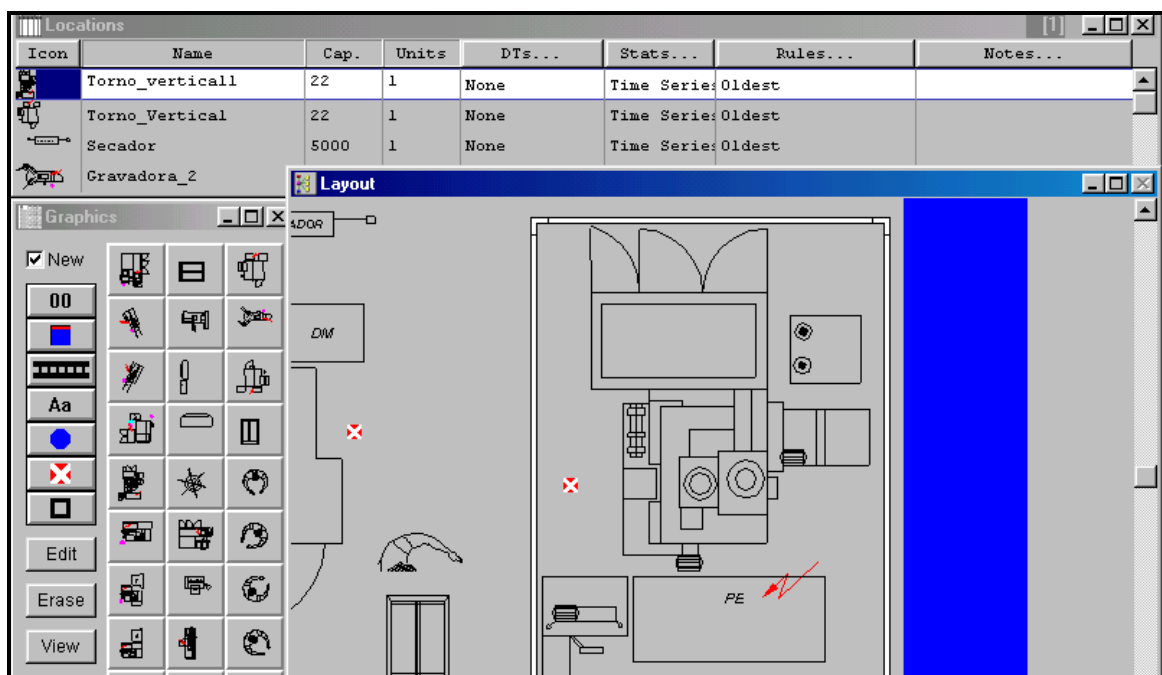


Figura 5.19 – Definição de *location* no *Promodel*.

- **Entities:** As *entities* são os itens a serem processados pelo sistema, como produtos, *pallets* ou até mesmo pedidos ou documentos. As *Entities* podem ser agrupadas representando diversas caixas transportadas sobre um *pallet*; consolidadas em uma *entity* simples (através da estrutura JOIN); dividida em duas ou mais *entities*, quando a peça sofre um corte ou uma operação em uma serra, podendo ser convertida em outra *entity* (através das estruturas RENAME ou CREATE ou pela definição de múltiplas rotas). Cada tipo de *entity* tem um nome e pode ser representada durante a animação por um ou mais elementos gráficos, possuindo velocidade, dimensões e demais atributos que o projetista designa. A **figura 5.20** mostra a *entity* definida para a modelagem da *célula XV*. As *entities* são geralmente, referenciadas por um nome, mas podem ser referenciadas também, por um índice numérico usando a função ENT(). As *entities* se movimentam de uma *location* para outra utilizando uma rota definida ou uma rede de trabalho. Os movimentos podem requerer o uso de um *resource* como, por exemplo, um operador.

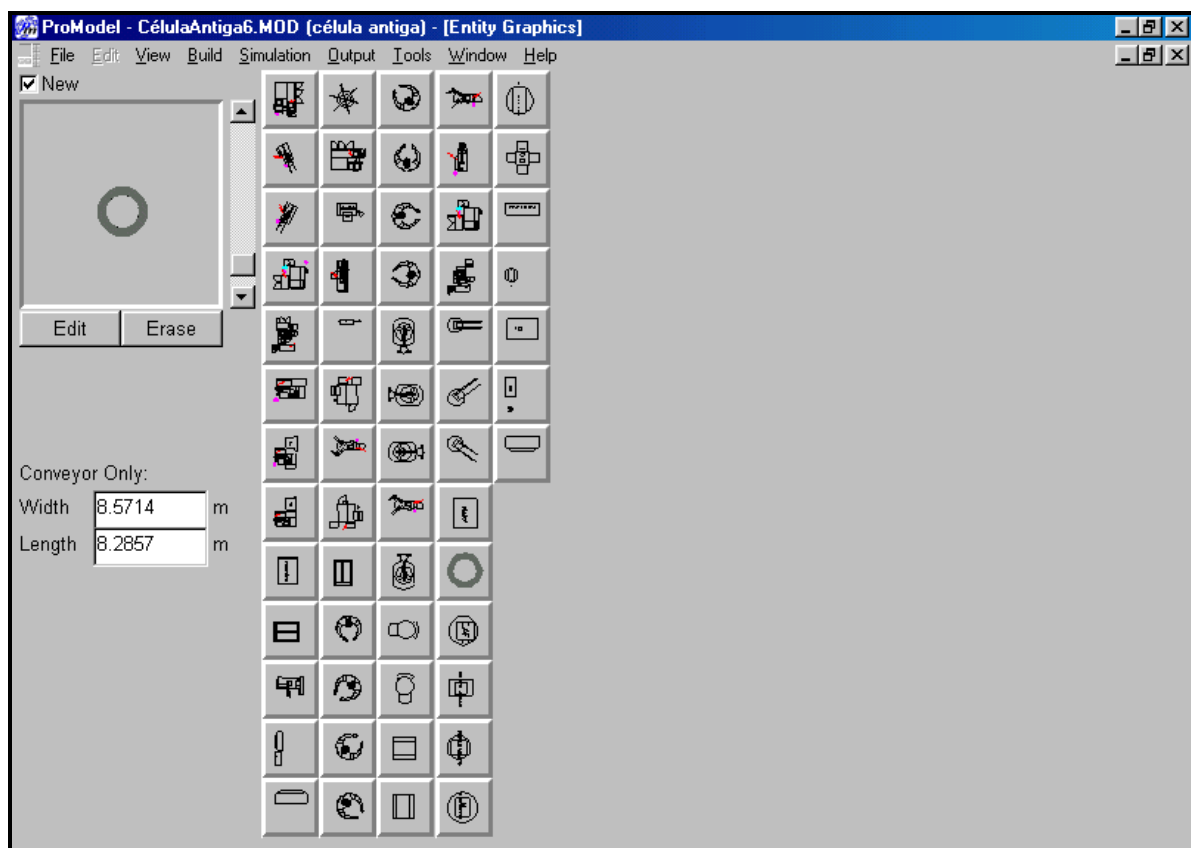
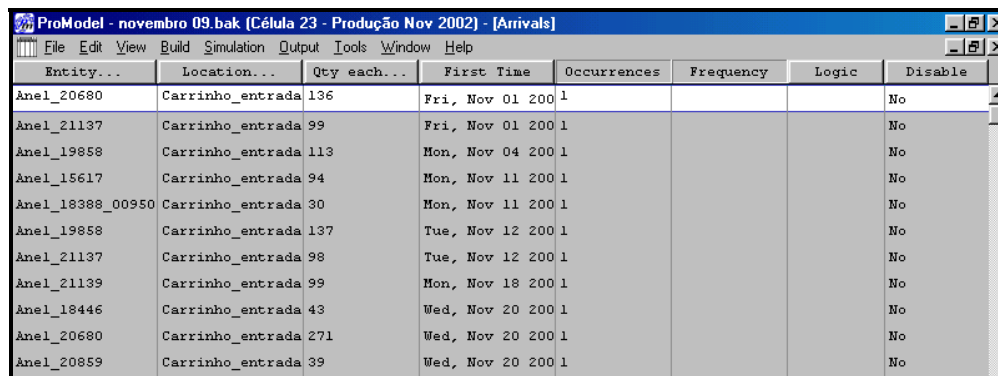


Figura 5.20 – Definição das *entities* no *Promodel*

- **Arrivals:** Define a entrada das *entities* dentro do sistema. O projetista pode designar determinada quantidade, tipo ou definir chegadas em determinados períodos, bem com programar determinados eventos de chegadas de peças ou *entities* no modelo através do módulo *Arrivals*. A **figura 5.21** apresenta a tabela de definição de *arrivals* para um modelo construído no *Promodel*. Pode-se também definir as chegadas através de um arquivo externo de chegada de peças referenciado no *File Editor*.



Entity...	Location...	Qty each...	First Time	Occurrences	Frequency	Logic	Disable
Anel_20680	Carrinho_entrada	136	Fri, Nov 01 2001	1			No
Anel_21137	Carrinho_entrada	99	Fri, Nov 01 2001	1			No
Anel_19858	Carrinho_entrada	113	Mon, Nov 04 2001	1			No
Anel_15617	Carrinho_entrada	94	Mon, Nov 11 2001	1			No
Anel_18388_00950	Carrinho_entrada	30	Mon, Nov 11 2001	1			No
Anel_19858	Carrinho_entrada	137	Tue, Nov 12 2001	1			No
Anel_21137	Carrinho_entrada	98	Tue, Nov 12 2001	1			No
Anel_21139	Carrinho_entrada	99	Mon, Nov 18 2001	1			No
Anel_18446	Carrinho_entrada	43	Wed, Nov 20 2001	1			No
Anel_20680	Carrinho_entrada	271	Wed, Nov 20 2001	1			No
Anel_20859	Carrinho_entrada	39	Wed, Nov 20 2001	1			No

Figura 5.21 – Definição de Arrivals no Promodel.

- **Processing:** o módulo de processos consiste de uma tabela usada para definir as operações de cada tipo de *entity* em cada *location*, e uma tabela de rotas usadas para definir o destino de cada *entity* depois de cada operação. A **figura 5.22** apresenta a utilização do menu *processing* no *Promodel*.
- **Resource:** *Resources* podem ser, dentre muitos elementos, pessoas, equipamentos usados para: transportar *entities*, executar operações, realizar manutenção sobre as *locations* ou outros *resources*. Um sistema pode ter um ou mais *resources*, sendo dotado de movimento ou não. Contudo cada *resource* deve ter designado uma *path network*, responsável por provocar o movimento do *resource* de uma *location* para outra. A **figura 5.23** mostra a definição do *resource* para a célula analisada. Quando for referenciar um *resource* no modelo, pode-se nomeá-lo ou utilizar um índice numérico através da função RES()).

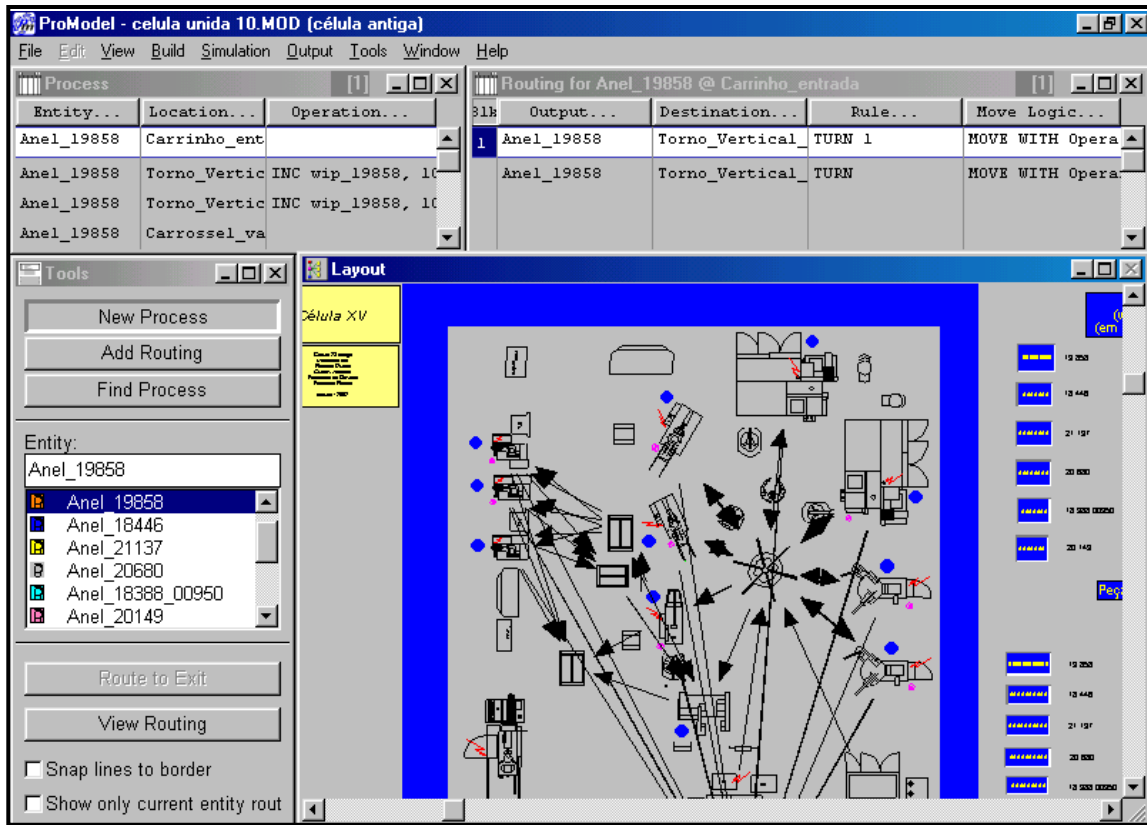


Figura 5.22 – Definição do *processing* no Promodel.

Icon	Name	Units	DTs...	Stats...	Specs...	Search...	Logic...	Pts...	Notes...
	Operario_1	1	None	By Unit	Net1, N2, I None		0	1	
	Operario_2	1	None	By Unit	Net2, N2, I None		0	1	
	Operario_3	1	None	By Unit	Net3, N1, I None		0	1	
	Operario_4	1	None	By Unit	Net4, N1, I None		0	1	
	Operario_5	1	None	By Unit	Net5, N1, I None		0	1	
	Operario_6	1	None	By Unit	Net6, N1, I None		0	1	
	Mecanico	1	None	By Unit	Net_Mecanico	None	0	1	

Figura 5.23 – Definição de *resources* no Promodel.

Uma etapa bem anterior a definição dos elementos descritos acima e que não pode ficar despercebida é flexibilidade que o software *Promodel*®4.22 permite para a construção dos elementos gráficos. Deste modo, para os elementos gráficos ficarem mais atraentes e autoexplicativos, optou-se por não utilizar a biblioteca gráfica do software, mas importaram-se do *Autocad* para a biblioteca do *Promodel*, as figuras para as *entities*, *locations* e *resources*. A **figura 5.24** apresenta a modelagem final da célula, com todos os elementos definidos.

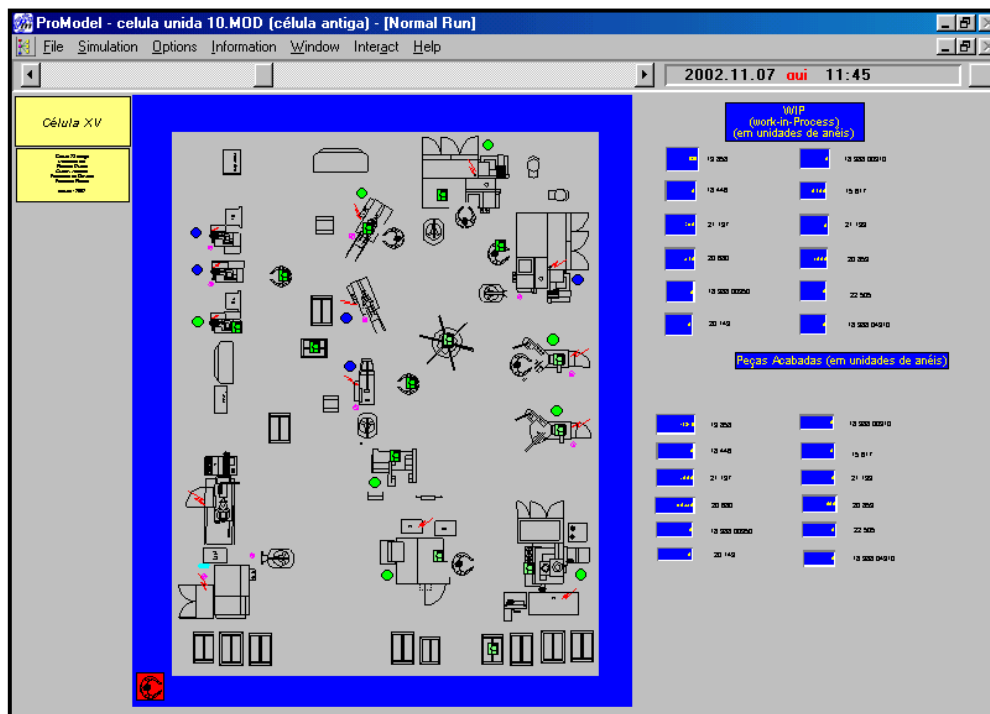


Figura 5.24 – Modelo Final da célula XV no Promodel..

5.6.4 Validação do modelo

A questão fundamental para a validação é avaliar o quanto o modelo se aproxima do sistema real. Vale ressaltar que a fase de validação não corresponde a depuração da programação feita no software, para retirada de erros de compilação, os quais ocorrem enquanto se cria o modelo; o erro de execução ou *run time error* ou erros de lógica decorrentes de interpretações errôneas das informações coletadas. Validar o modelo significa assegurar que o modelo serve para os propósitos para os quais foi criado, e que dentro deste domínio definido para iniciar a modelagem as respostas do sistema real e do modelo são semelhantes, respeitando, obviamente, um intervalo de aceitação para as variáveis analisadas.

Como consequência de se utilizar dados estocásticos, seguindo uma distribuição padrão durante a modelagem é a geração de uma gama de respostas, cada vez que o modelo é simulado. Portanto, a validação fica dificultada se não for levantada, nesta fase, a preocupação em relação ao número de replicações a serem realizadas. Deste modo, é importante determinar o número de replicações necessárias para que o modelo gere respostas significante estatisticamente.

A definição do número de replicações, segundo afirma PEREIRA (2000), pode ser realizada partir da análise de intervalo de confiança, utilizando-se a distribuição *t* de *Student*, apropriada para pequenas amostras ($N < 30$) e também porque o desvio padrão da população σ , é desconhecido. A fórmula que fornece o intervalo de confiança é mostrada em **equação 5.4**, onde $(\alpha - 1)100$ representa o intervalo de confiança (probabilidade) para a diferença entre a média encontrada \bar{X} e a verdadeira média μ . A amostra considerada tem tamanho n , portanto com $n - 1$ graus de liberdade, e o desvio padrão dessa amostra é S .

$$P\left[-t_{\alpha/2;n-1} \frac{S}{\sqrt{n}} \leq \bar{X} - \mu \leq t_{\alpha/2;n-1} \frac{S}{\sqrt{n}}\right] = 1 - \alpha \quad (5.4)$$

Da **equação 5.4**, obtém-se o valor de n na **equação 5.5**, que é o número de replicações que devem ser executadas para que se obtenha uma diferença desejada entre a média da amostra \bar{X} e a verdadeira média μ .

$$n = \left(t_{\alpha/2;n-1} \frac{S}{\bar{X} - \mu}\right)^2 \quad (5.5)$$

O que se pretende obter é o número de replicações que serão necessárias, tendo em vista essa amostra, para que se obtenha 95% de confiança de que a diferença entre a média dos resultados obtidos \bar{X} e a verdadeira média μ não seja maior que mil peça.

A **tabela 5.16** apresenta os valores médios e o desvio-padrão para as dez replicações com o modelo, considerando-se os valores dos *wip*'s para cada peça.

Replicação	WIP
1	79586
2	79917
3	80546
4	79876
5	82450
6	81211
7	80594
8	81908
9	81517
10	81967
Média	80957,2
Desvio padrão	997,8954

Tabela 5.16 - Valores para o *Wip*, considerando-se dez replicações.

Considerando-se um nível de confiança, ou seja, $(\alpha - 1)100 = 95$, tem-se que $\alpha = 0,05$, $t_{0,025;9} = 2,262$.

Substituindo-se esses valores na **equação 5.5**, considerando-se que a diferença máxima que se quer entre \bar{X} e μ é de mil peças ($\bar{X} - \mu = 1000$), e utilizando-se as informações da **tabela 5.16**, pode-se determinar o número mínimo de replicações, através da **equação 5.6**.

$$n = \left(2,262 * \frac{997,9}{1000} \right)^2 = 4,91 \cong 5 \quad (5.6)$$

Deste modo, ao se realizar cinco replicações, tem-se 95% de confiança que de que a média verdadeira vai diferir da média encontrada por não mais de mil peças. Contudo, parece exagerado adotar-se uma diferença de mil peças, mas de fato não é, visto que se existem, em média 86000 peças no sistema, ser feita uma estimativa de 85000.

Embora tenha sido determinado o número de replicações necessárias, isto não é suficiente para validar o modelo. Para PEREIRA (2000) a validação do modelo é uma fase complexa, que envolve questões de ordem teórica, prática, estatística e até mesmo filosófica, ao se utilizar com parâmetro de análise a semelhança entre o modelo e o sistema real. Deste modo, procurou-se avaliar a validade do modelo, através da construção do modelo juntamente com as pessoas fortemente relacionadas ao sistema e através do *Turing test*.

Na modelagem da célula *XV*, a preocupação de que o modelo refletisse o sistema real norteou o processo de construção do início ao fim. Portanto, já na fase de mapeamento do processo, procurou-se envolver as pessoas, que detinham conhecimento do processo produtivo, para não só fornecerem as informações, mas para avaliar a modelagem do sistema, seja através do mapeamento do processo ou do software de simulação. Além disso, a animação que pode ser visualizada no software facilitou a análise e a discussão, por parte da equipe, do correto funcionamento e modelagem do sistema real.

Conforme sugerido por HARREL *et al.* (2000), o *turing test* foi aplicado para verificar se o modelo computacional refletia o sistema real. Primeiramente, foi mostrado os dois relatórios para o mesmo sistema a uma pessoa que possui conhecimento a respeito do sistema modelado. Embora, o teste tenha sido favorável ao modelo construído, decidiu-se confrontar o modelo com o dados de arquivo da empresa. O **gráfico 5.8**, mostra a variação entre o modelo construído no software, em relação ao número de peças produzidas, no mesmo mês. Além do número de peças produzidas, procurou-se confrontar o custo real de operação da célula com o custo obtido com a simulação. Para o mês de Julho de 2002, o custo real de operação da célula foi de R\$ 46.480,00. O relatório fornecido pela simulação forneceu um custo de operação de R\$ 49.863,59, ou seja, um desvio de 7,28%.

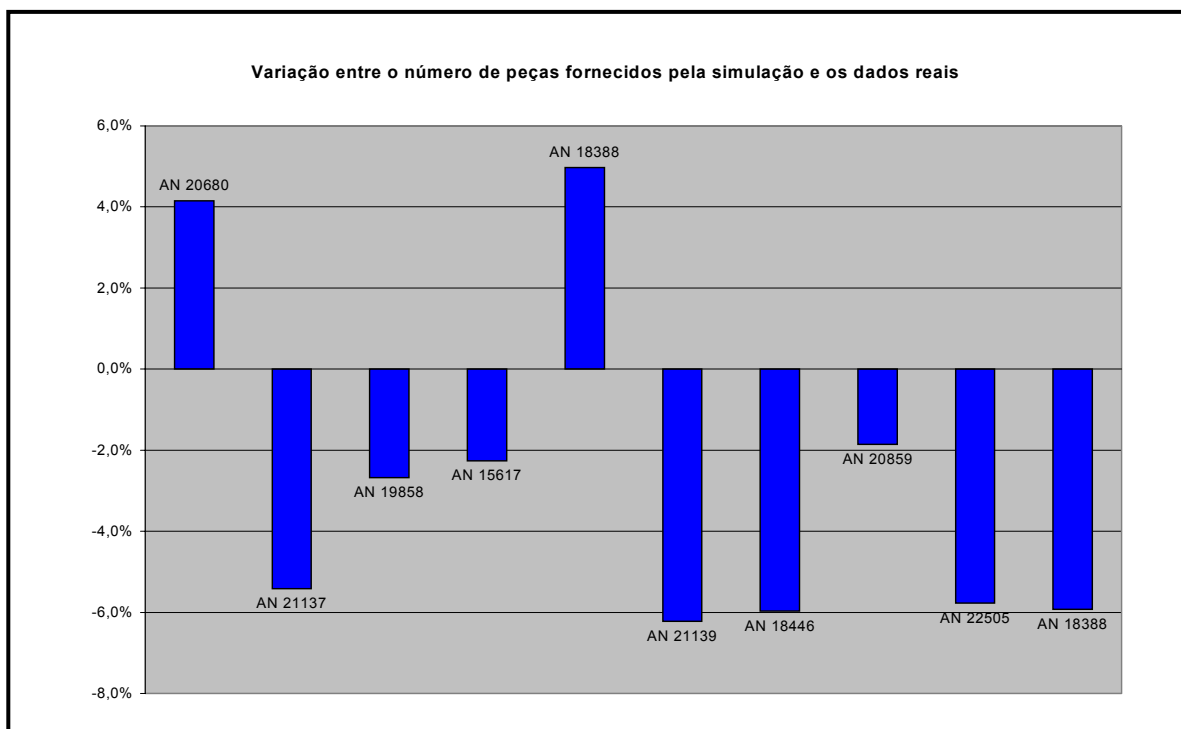


Gráfico 5.8 – Variação entre o sistema real e o modelo computacional

Com **gráfico 5.8**, é possível verificar que o modelo é válido para o propósito para o qual foi criado: verificar o impacto de algumas medidas de melhoria, com o intuito de incrementar a capacidade do sistema. Ainda pode ser destacado que uma parte da variação nos resultados se deve ao período em que se escolheu para a simulação, que corresponde a mais de um mês, proporcionando uma pequena distorção nos resultados. Embora o modelo esteja considerado válido para o objetivo do estudo, deve-se analisar os relatórios de saída, confrontando com os resultados obtidos com a análise realizada com os resultados da aplicação da ABM.

A primeira informação a ser analisada é a respeito do custo de cada processo. A **tabela 5.17** apresenta o relatório de custos fornecido pelo *Promodel*, após a simulação. Analisando a parte do relatório dedicada aos custos por cada centro de atividade, pode-se perceber que há a confirmação a respeito do que foi levantado com a análise realizada pela ABM: os tornos de forma verticais são responsáveis pelo maior consumo de recursos dentro da célula. Portanto a análise realizada com o relatório geral a respeito do custo dos centros de atividades. A próxima informação a ser avaliada é o rendimento ou utilização dos equipamentos, através do **gráfico 5.9**.

Processos	Custo		Consumo de recursos	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Bombeamento 1	R\$ 1.094,97	R\$ 26,79	2,19%	6,00%
Bombeamento 2	R\$ 1.058,26	R\$ 27,12	2,12%	5,00%
Bombeamento 3	R\$ 1.060,42	R\$ 21,55	2,12%	5,00%
Escovamento	R\$ 5.813,60	R\$ 63,25	11,64%	12,00%
Gravadora 1	R\$ 5.546,14	R\$ 80,06	11,11%	11,00%
Gravadora 2	R\$ 5.608,63	R\$ 82,24	11,23%	11,00%
Rebaixo/Chanfro 1	R\$ 1.873,09	R\$ 26,08	3,75%	4,00%
Rebaixo/Chanfro 2	R\$ 1.839,46	R\$ 53,08	3,68%	12,00%
Topejadora	R\$ 1.291,77	R\$ 51,04	2,59%	10,00%
Torno de acabamento 1	R\$ 5.246,83	R\$ 87,38	10,51%	12,00%
Torno de acabamento 2	R\$ 5.360,30	R\$ 181,23	10,73%	30,00%
Torno vertical 1	R\$ 7.116,18	R\$ 217,54	14,25%	43,00%
Torno vertical 2	R\$ 7.023,16	R\$ 259,58	14,07%	57,00%
Total	R\$ 49.932,81	R\$ 299,67	100,00%	

Tabela 5.17 – Consumo de recursos para as cinco replicações (média e desvio padrão), através do *Promodel*.

O **gráfico 5.9** favorece a análise da necessidade de possuir dois equipamentos iguais dentro da célula, além de facilitar a localização de gargalo dentro do sistema. A análise realizada com a

ABM para determinar a utilização ou rendimento para os dois tornos de forma vertical acusaram baixa utilização dos equipamentos. De fato, o **gráfico 5.9** nos aponta os dois tornos com um dos menores valores para utilização, dentro da célula. Outra informação relevante, extraído deste gráfico é a determinação do possível gargalo da célula. Sendo assim, uma forte candidato é o centro de atividades topejadora. Como pode ser visto, o centro de atividade topejadora apresenta o maior valor para a utilização, seguido do escovamento. Outra informação relevante que o relatório geral fornece é a respeito da utilização dos equipamentos, com base em suas capacidades. O **gráfico 5.10** apresenta a fração que os equipamentos foram utilizados, baseado em sua capacidade de operação. Neste ponto do trabalho, ocorreu o fato citado anteriormente: delineamento de possíveis melhorias do sistema durante o estudo de simulação. Com o diagrama de capacidade (**gráfico 5.10**), percebe-se que o escovamento possui uma boa parte da sua capacidade alocada, cerca de 25 %, colocando este centro de atividade como possível gargalo, ao invés do topejamento. A mesma análise é válida para os centros de atividades torno de forma vertical, gravação, torno acabado e rebaixo/chanfro, que além de apresentarem baixa utilização apresentam baixo comprometimento de sua capacidade frente a demanda de peças. Quanto ao bombeamento, por ser dedicado a somente 30 % das peças não se pode afirmar se está havendo ou não necessidade dos três equipamentos. Esta análise só teria sentido, considerando o estudo para um período onde só fosse fabricado produtos que utilizassem o centro de atividades bombeamento.

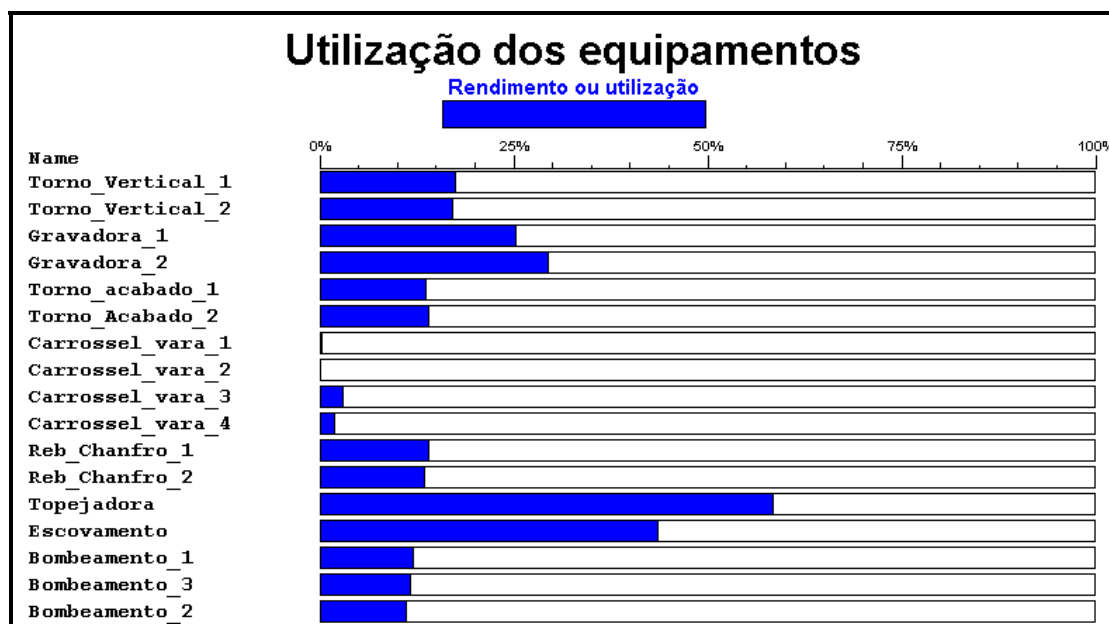


Gráfico 5.9 – Rendimento ou utilização dos equipamentos.

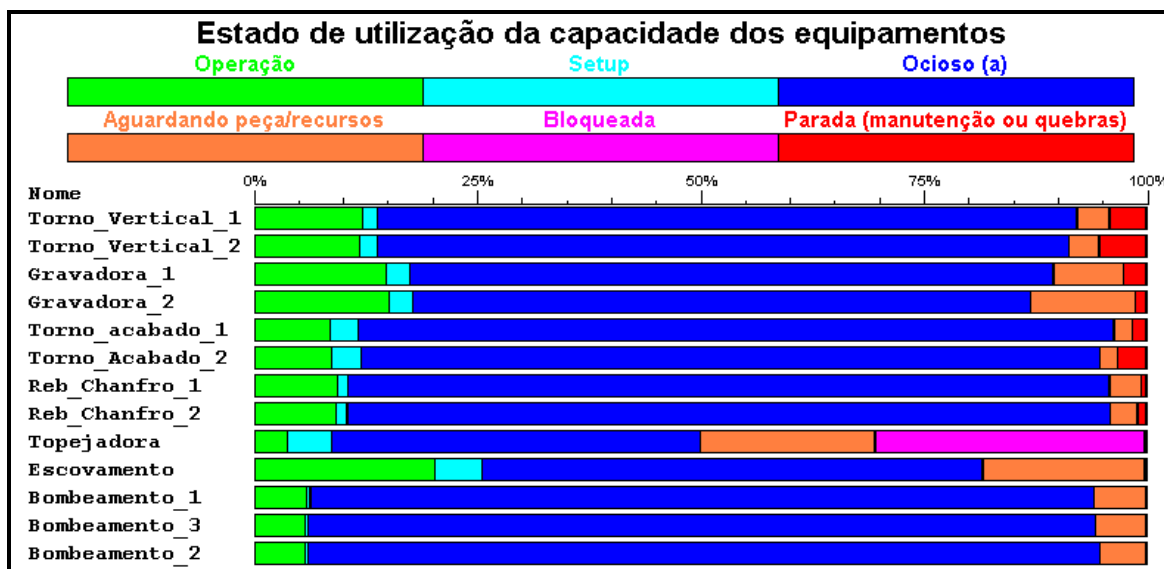


Gráfico 5.10 – Estado de utilização da capacidade dos equipamentos.

5.6.5 Experimentação

A fase de experimentação corresponde ao teste das alternativas propostas para a melhoria do sistema. Nesta etapa, é avaliada a extensão necessária de tempo a ser simulado para se obter resultados aceitáveis. Portanto, deve-se considerar o número de replicações necessárias para se obter uma amostragem estatística confiável, sendo indispensável a análise ou projeto do experimento a ser realizado com o modelo. Sem este cuidado, pode-se desperdiçar recursos, devido a longas replicações que acrescentam poucas informações para a análise. A situação contrária também é prejudicial, ocasionando resultados distorcidos.

Projeto do experimento: O projeto de experimentos é o desenvolvimento de procedimentos e testes para analisar e comparar alternativas. O propósito é maximizar a utilidade da informação, produzidas pelas rodadas da simulação enquanto minimiza o esforço. Quando se utiliza um conjunto de configurações experimentais deve-se considerar a questão da validação a fim de assegurar que o modelo poderá prover resultados confiáveis. Se uma alternativa não foi vislumbrada quando o modelo foi construído, deve-se cuidar para que se assegure que o modelo seja válido para o novo arranjo.

Uma ferramenta de experimentação projetada pela *Promodel Corporation* é a PMI (*ProModel Interface*). Na verdade, o PMI é um manipulador de texto que permite identificar os parâmetros

que surgem interesse em experimentar. Esses parâmetros e seus possíveis arranjos podem ser construídos dentro do modelo, permitindo a criação de cenários operatórios através de menus de seleção simples. Este módulo, também fornece a possibilidade de limitar o alcance dos valores destes parâmetros que serão válidos para a configuração do modelo, e estará permitindo com que aqueles que não conhecem o processo de construção do modelo avaliem sozinhos suas próprias idéias. HARREL *et al.* (2002), apresenta um caso de aplicação da ferramenta PMI em uma indústria siderúrgica para avaliar cenários potenciais de manutenção para dois fornos a oxigênio. A gerência desejava um modelo que permitisse ao pessoal operacional projetar o impacto de suas decisões baseado em qualquer cenário. Como cada combinação possível dos ciclos operacionais acumulados nos dos fornos representavam um cenário possível, desenvolveu –se uma interface PMI visando permitir uma reconfiguração rápida do modelo.

Para a célula XV, não foi utilizada a ferramenta PMI da *Promodel Corporation*, pois a análise preliminar já indicou os parâmetros a serem observados. Deste modo, procedeu-se aos experimentos com modelo, de acordo com os objetivos já prefixados. A **figura 5.25** apresenta o modelo proposto a partir da célula XV.

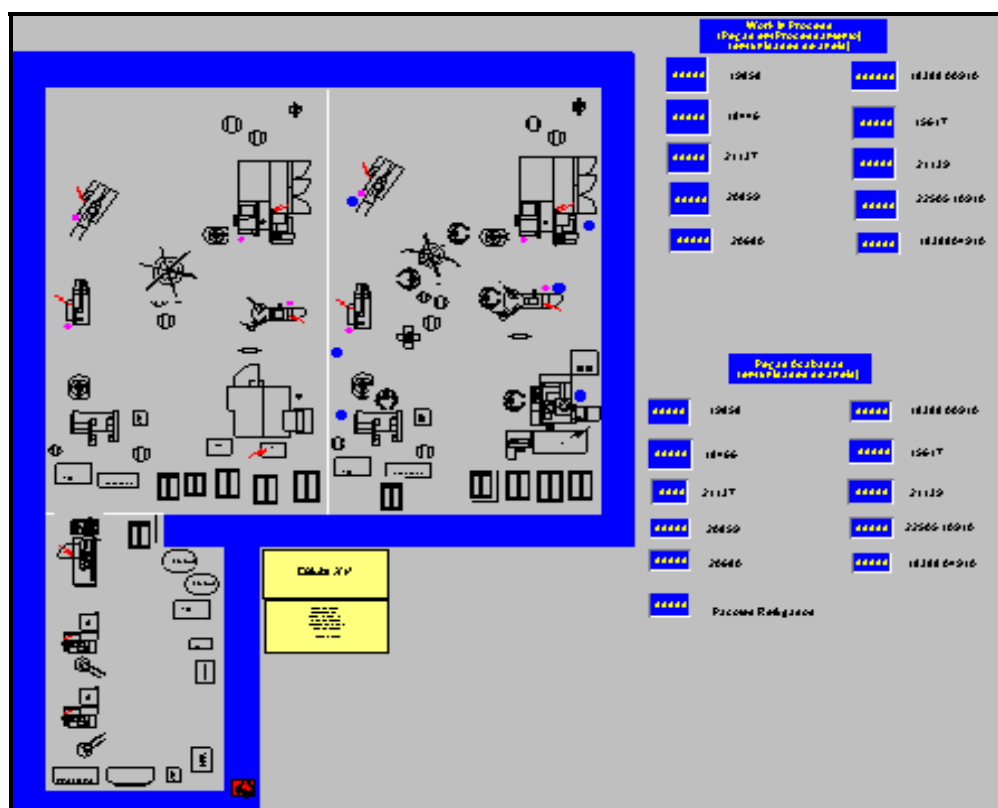


Figura 5.25 – Modelo proposto para a célula XV.

As principais mudanças ocorridas foi a retirada de um torno de forma vertical, e uma gravadora para a construção de uma célula, conforme mostra a **figura 5.26**, a partir dos recursos que estavam subutilizados na célula *XV*. Contudo, durante a simulação do modelo, percebeu-se que poderia ser retirado uma máquina de rebaixo/chanfro e um torno acabado. Além disso, como a operação de escovamento é o gargalo da célula, o operador do torno acabado foi designado somente para esta operação. Para efeito de simplificação, como foi obtido duas células iguais, foi simulado um mês de produção, considerando somente uma das células. Deste modo o que ocorre para uma é válido para a outra.

Depois de simulado o modelo, a primeira informação obtida é através do **gráfico 5.11**, que nos fornece a utilização dos equipamentos. Pode-se perceber que a retirada do trono de forma vertical e a gravadora não provocou grande impacto no sistema. Contudo, pode-se perceber que a topejadora continua possuindo a maior taxa de utilização.

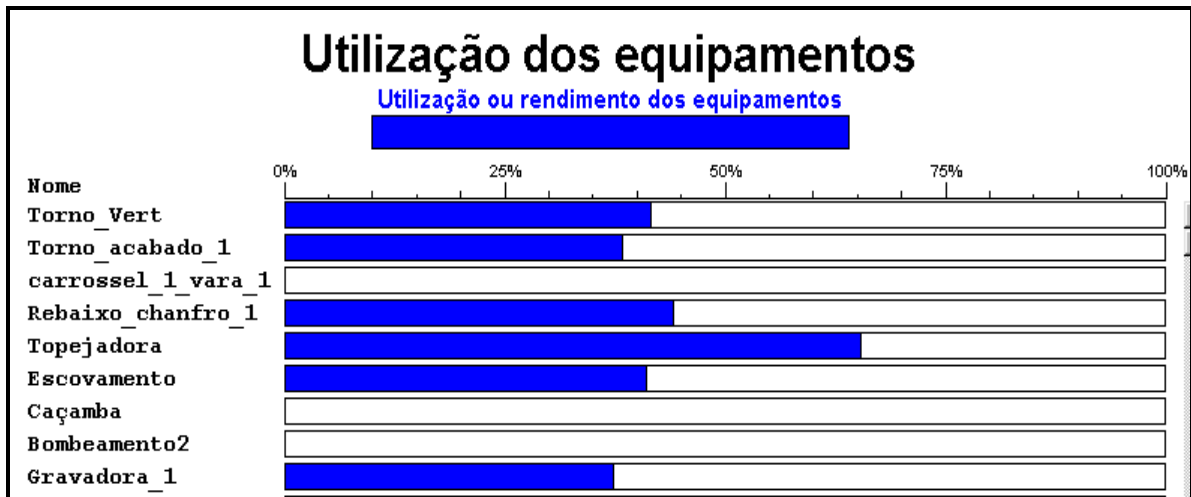


Gráfico 5.11 – Utilização dos equipamentos.

A principal análise que se deve fazer é verificar se houve o atendimento da demanda requerida, ou em outras palavras, se a variável peças acabadas possuem o mesmo valor para os dois modelos construídos. A análise destas variáveis é um pouco mais complexa que as demais, pois foram realizadas cinco replicações para o modelo e, deste modo, tem-se cinco valores para estas variáveis. Portanto, a análise da variável *peças acabadas* foi realizada utilizando-se o **gráfico 5.11**. Neste gráfico, pode-se comparar o comportamento da variável *peças acabadas* para os dois modelos, considerando-se a variação que cada um apresentou. O gráfico relaciona, para cada variável, o menor e maior valor (linhas verticais, acima e abaixo do *box*), a mediana

(representada por uma linha horizontal no meio do *box*). O *box* em cinza representa o modelo proposto e o *box* em branco representa o sistema atual. O **gráfico 5.12a** compara o número de peças acabadas, entre os modelos para as peças que foram fabricadas em uma quantidade intermediária. O **gráfico 5.12b** é destinado a comparar o número de peças para os produtos que foram fabricados em quantidades maiores. Finalmente, o **gráfico 5.12c** compara os produtos que foram fabricados em quantidades menores. Pode-se perceber que o sistema proposto é capaz de fornecer a mesma quantidade de peças que o sistema atual, atuando diminuindo-se o número de equipamentos dentro do sistema.

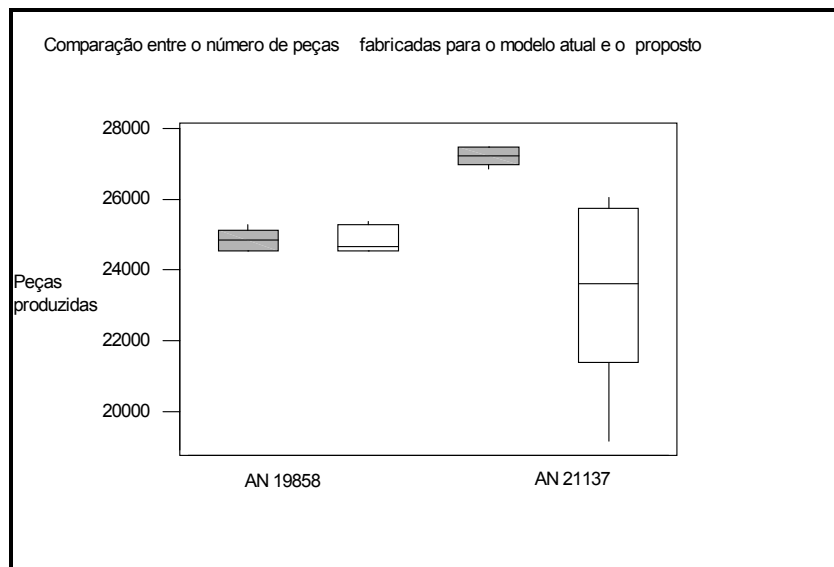


Gráfico 5.12a – Comparação do número peças fabricadas entre os modelo atual e proposto.

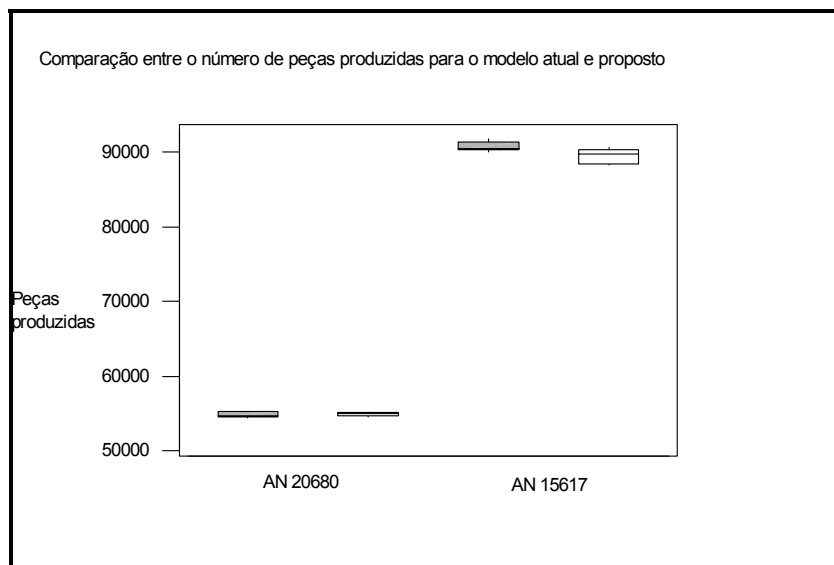


Gráfico 5.12b – Comparação do número peças fabricadas entre os modelo atual e proposto.

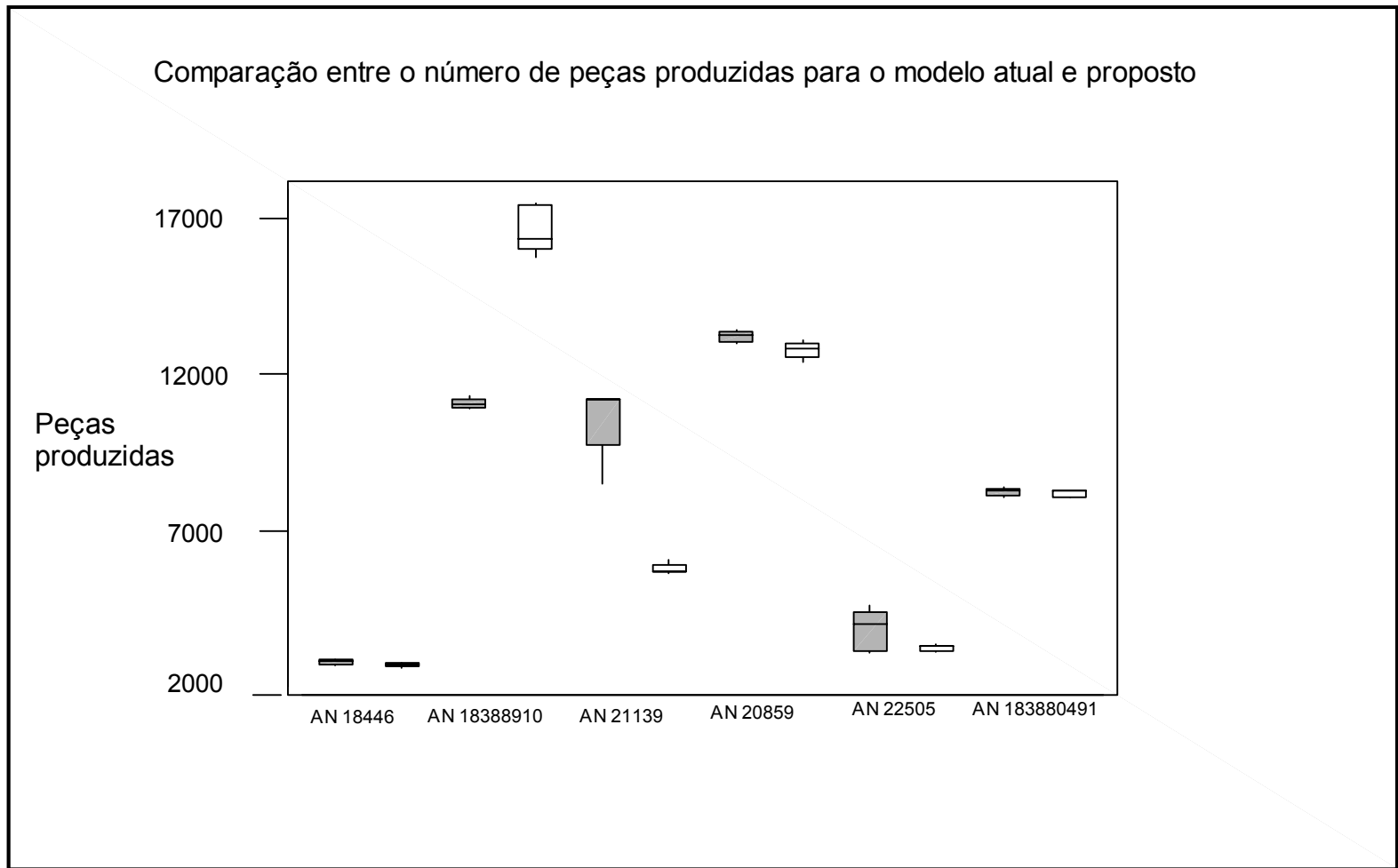


Gráfico 5.12c - – Comparação do número peças fabricadas entre os modelo atual e proposto.

A informação que pode confirmar a eficiência deste novo layout pode vir através dos relatórios de custos do sistema. O **gráfico 5.13** apresenta a comparação entre o custo de operação para o sistema atual e o proposto, incorridos no mês de Julho. Pode-se perceber que a redução do custo não foi muito acentuada, mas que atua como um estimulador para a opção pelo sistema atual. Deste modo, a análise de custo vem completar a análise feita anteriormente, confirmando a eficiência deste *layout*.

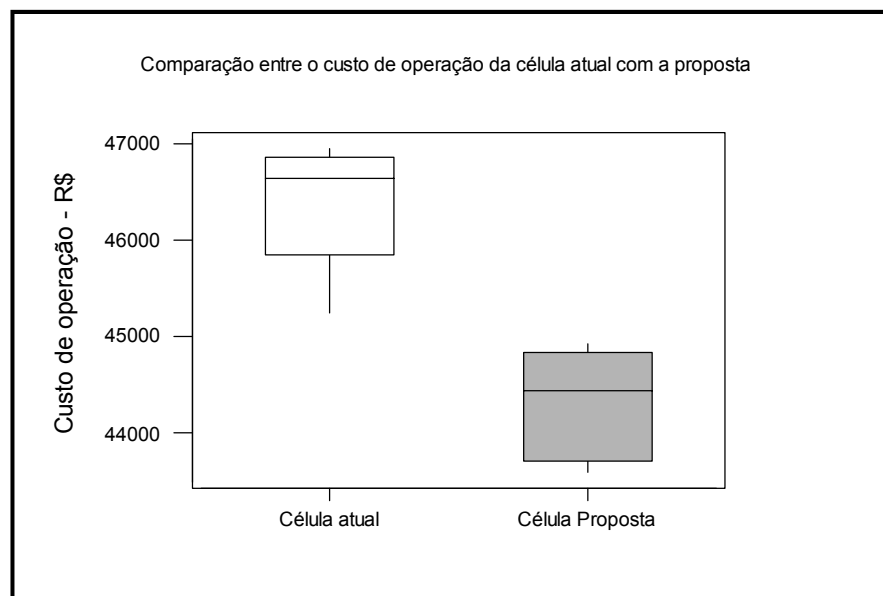


Gráfico 5.13 – Comparação entre o custo de operação entre o sistema atual e o proposto.

Uma observação que pode ser realizada para a célula *XV*, frente a esses resultados, é a que KAPLAN e COOPER (2000) destacam em suas pesquisa, que as empresas apresentam linhas de produtos com lucratividade negativa ou baixa, porque o sistema está operando com recursos que são suficientes para mais de um. Com isto, os custos dos produtos se elevam, não por que os processos são ineficientes, mas porque a capacidade do sistema está mal gerenciada, ocasionando desperdícios, os quais são repassados aos clientes através de um produto de custo elevado.

5.7 Implementação

A implementação de uma medida de melhoria prevê a avaliação antecipada das conseqüências decorrentes de alguma mudança proposta no sistema, bem como a análise, por parte da empresa, dos investimentos necessários para verificar as condições da empresa para implantação da

melhoria. Dentre as ações tomadas por parte da empresa, existem algumas considerações a serem realizadas para a implantação da melhoria proposta. Pode-se considerar que a empresa investe em duas grandes áreas para aprimoramento de processos. A primeira é o investimento em equipamentos, principalmente, quando se deseja aumentar a capacidade do sistema e incrementar a taxa de produção de peças e/ou produtos. A segunda preocupação da empresa é de proporcionar aos funcionários treinamentos para se adaptarem ao sistema melhorado. A empresa investe em treinamento geralmente quando implementa sistemas de gestão, como por exemplo, o *JIT* ou *TQM*, ou quando se implementa algum sistema de informação, tal como o *SAP*. Além disso, a empresa pode também, investir em ampliação das instalações, contratação de pessoal e parcerias ou terceirizações.

A abordagem metodológica permitiu a empresa aprimorar os processos, sem investir em treinamentos, equipamentos ou novas tecnologias. Isto levou a empresa a gerar economias, através da racionalização dos recursos, redistribuindo mão de obra e eliminação de equipamentos desnecessários. Cabe ressaltar que a nova configuração foi implantada pela empresa, sendo que sempre houve preocupação constante por parte da organização a respeito da configuração dos seus recursos. Deste modo, a concretização dos resultados do trabalho não sofreram interferências negativas das resistências, talvez pela inexistência de investimento, que geralmente, é sempre um ponto delicado em qualquer análise de processo, com enfoque em melhorias e implementação.

5.8 Considerações Finais

Com a aplicação da abordagem metodológica conseguiu-se combinar os elementos necessários a avaliação do sistema de manufatura. Deste modo, foi possível conferir o modelo teórico uma possível alternativa de análise com base em um estudo de simulação, enriquecido com análise de custo.

Conclusão

6.1 Considerações Iniciais

Ao aplicar a abordagem metodológica, procurou-se verificar e apontar algumas possíveis melhorias de modo a contribuir para que o presente fornecesse novas perspectivas para a Gestão Baseada em Atividade, como meio de avaliação do layout celular. Portanto, este capítulo é dedicado a conclusão, tendo por objetivo apontar os resultados obtidos com a pesquisa, apresentar a contribuição fornecida e, principalmente, propor sugestões para futuros trabalhos envolvendo a gestão de custos e o aprimoramento de processos.

6.2 Conclusões e contribuição do trabalho

Com aplicação da abordagem metodológica em uma célula de manufatura e a análise dos resultados fornecidos, pode-se afirmar que a pesquisa atingiu seu objetivo principal, principalmente levantando, com a revisão bibliográfica os métodos de avaliação da configuração celular. No início da pesquisa, a Gestão Baseada em Atividade foi abordado de maneira ampla. Com o desenvolvimento da base teórica, a ABM foi desdobrada em duas formas de atuação: a ABM operacional e a ABM estratégica. Pela própria natureza da aplicação, pode-se concluir que o enfoque dado à ABM neste trabalho é o enfoque operacional. De fato, a aplicação da ABM realizada na célula *XV*, procurou questionar os processos e atividades, almejando aprimorar o processo produtivo, através da eliminação de desperdícios, buscando a utilização racional dos recursos. Em outras palavras, o foco da ABM operacional é tentar aumentar a capacidade ou reduzir os gastos, de modo a reduzir o volume de recursos físicos, humanos e de capital de giro necessários a geração de receitas. Embora se tenha aplicado a ABM operacional, este fato não invalida a abordagem desenvolvida. Pelo contrário, abre caminho para discussões a respeito da aplicação da ABM estratégica, o qual procura refletir sobre o *mix* de atividades necessários visando a lucratividade, sendo aplicada, ao invés de uma célula de manufatura, em uma cadeia

cliente/fornecedor. Além disso, pode-se encerrar a pesquisa, analisando as hipóteses: a primeira hipótese diz respeito capacidade da ferramenta em ajustar o sistema em função da qualidade, flexibilidade e custo. Considerou-se a dimensão mais contemplada, a dimensão custo, pois através da ABM é possível combinar a informação custo com os demais indicadores de desempenho do sistema. Quanto a dimensão flexibilidade do sistema, é difícil de ser avaliada, pois a flexibilidade é algo que varia de sistema para sistema produtivo. Se considerarmos a flexibilidade em termos de variedade de produtos e quantidade produzida, pode-se afirmar que a abordagem é capaz de incrementar a flexibilidade do sistema. De fato, ao se aplicar a ABM, foi possível, com os mesmos recursos, obter uma nova célula de apoio a célula *XV*. Caso ocorra, um pedido por uma variedade maior de produtos, este pedido pode ser atendido, programando cada uma das células para processar o pedido do cliente. Além disso, a ABM proporcionou uma distribuição da capacidade não utilizada, que provocou um incremento na capacidade do sistema. Deste modo, a taxa de produção (em peças h) pode sofrer um acréscimo, ocasionando um decréscimo no custo unitário por peça, utilizando-se os mesmos recursos.

Em relação a segunda hipótese, a qual mede a capacidade da abordagem metodológica incorporar aspectos estratégicos da empresa, a primeira vista parece ser refutada, pois a aplicação contemplou somente aspectos operacionais do sistema. No entanto, pela ótica que a gestão de capacidade dos sistemas produtivos e a gestão de custos constituem uma estratégia adotada pela empresas nos dias atuais, pode-se considerar a hipótese dois também aceita para este estudo. Além disso, o trabalho apresenta as seguintes contribuições:

- Apresenta uma alternativa para a análise e gestão de custos para o ambiente celular;
- Apresenta uma forma sistemática de combinar o mapeamento de processos, a análise de custos e a simulação para avaliação e/ou projeto de sistemas de manufatura;
- Reforça dimensão do ABC como ferramenta de planejamento e gestão de recursos, em oposição ao enfoque tradicional que o vê somente como uma ferramenta para determinação preços de produtos. Apresenta uma forma de se combinar a análise de custos com medidas operacionais do sistema, proporcionando aos gestores uma visão ampla da situação, indispensável para a correta tomada de decisão.

Finalmente, o trabalho fornece uma ferramenta, de gestão de processos, para as empresas que possuem grande variedade de produtos agravados por um demanda instável, proporcionando uma

correta alocação de recursos para atender ao mercado e, com isto, assegurar a competitividade da organização.

6.3 Sugestões para trabalhos futuros

Como uma maior exploração do tema desta pesquisa, são sugeridos alguns trabalhos que podem ser conduzidos:

- **Aplicação da abordagem metodológica na área de serviços:** As empresas do setor de serviços, mais que as empresas de manufatura, necessitam de ferramentas capazes de proporcionar melhor gestão dos seus processos e clientes. A dificuldade para as empresas deste setor reside no produto que oferece ao mercado. Para as empresas de manufatura é possível delinear as perdas por retrabalho e refugo de uma peça, no entanto isto é mais complexo para o caso em que o produto é algo abstrato. Deste modo, pode-se pensar na aplicação da ABM em bancos e, principalmente, em hospitais.
- **Utilização da ABM estratégica:** Esta aplicação poderia ser realizada considerando a relação cliente/fornecedor externo, principalmente em uma cadeia de suprimentos. O objetivo desta aplicação, por exemplo, poderia ser a redução de custos e o tempo de atendimento ao cliente, alterando-se o *mix* de atividades.
- **Aplicação da abordagem juntamente com o experimento de Taguchi:** Para aplicar a abordagem metodológica na célula XV, limitou-se a variável do sistema em operacionais e custos. No entanto, é sabido que cada sistema possui suas variáveis próprias e, também fatores incontroláveis. Sendo assim, o experimento de Taguchi seria uma fase anterior a simulação, proporcionando uma manipulação das variáveis do sistema, em seus níveis estipulados, proporcionando uma resposta bem próxima do sistema real.
- **Aplicação da abordagem para sistemas flexíveis de manufatura (FMS):** Os sistemas de manufatura flexíveis são caracterizados por apresentarem um determinado grau de automatização. Deste modo, a proporção dos custos indiretos no FMS é bem maior que a proporção dos diretos. Portanto, a utilização da abordagem metodologia levará não só a correta alocação dos custos, mais também proporcionará uma alternativa de migração de um sistema celular para um sistema flexível de manufatura.

6.4 Considerações finais

O presente trabalho apresentou uma revisão bibliográfica a respeito da manufatura celular e métodos de avaliação de tais configurações. A análise de atividades se mostrou relevante para estes ambientes, visto que a maioria dos métodos para a formação de célula utilizam a análise do fluxo de produção para montagem das células. Contudo, sem um sistema que relacione o custo de execução de tais atividades, a análise fica enfraquecida. Deste modo, o desenvolvimento de uma abordagem e sua aplicação em um ambiente celular, proporcionou meio de se avaliar o desempenho do sistema produtivo, além de propor relevantes medidas de melhoria. As sugestões para os futuros trabalhos apontam que esta pesquisa foi só o começo de uma gama de trabalhos que podem ser feitos, explorando este tema.

Referências Bibliográficas

- AGARWAL, A. and SARKIS, J. – *A review and analysis of comparative performance studies on functional and cellular manufacturing layouts*. Computers & Industrial Engineering, Volume 34. Elsevier Science, 1998.
- AKRIGHT, M. T. – *Cell formation performance measures – determining when to change an existing layout*. Computers & Industrial Engineering, Volume 34. Elsevier Science, 1998.
- AL-MUBARACK, F., CANEL, C., KHUMAWALA, B. M. *A simulation study of focused cellular manufacturing as an alternative batch-processing layout*. International Journal of Production Economics. Elsevier Science, 2002.
- ARMSTRONG, P. *The costs of activity based management*. Accounting, Organizations and Society, 2002.
- ANJARD, R.P. *Process Mapping: one of three, new, special quality tools for management, quality and all the other professionals*. Microelectron Realiab, 1995
- ARDENSON, S. W., HESFORD, W., YOUNG, M. *Factors influencing the performance of activity based costing teams: A field study of ABC model development time in the automobile industry*. Accounting, Organizations and Society, 2002.
- ARRUDA, P. E. - *Levantamento do Estágio de implantação da tecnologia de Grupo e Células de Manufatura no Estado de São Paulo*. Tese de Doutorado, USP, 1994.
- BARNES, R. M. *Estudo de tempos e movimentos*. 6ª edição. Editora Edgard Blucher. São Paulo 1982.
- BAYKASOGLU, A., GINDY, N. N. Z., COBB, R. C. *Capability based formulation and solution of multiple objective cell formation problems using simulated annealing*. Integrated Manufacturing System. MCB University Press, 2001.
- BIAGGIO, C. T. A., DOERN, C. L. P., PEREIRA, L. P. M., SAITTO, M. E., DOERN, R., MAIURI, S. *ABM – Activity Based Management – Gestão Baseada em Custeio por Atividade*. Série Contabilidade. Faculdade São Luís. 2000.
- BRYMAN, J. L. *A research Methods and organization studies*. Capítulo 3. London Unwin Hyman, 1989.
- BURBIDGE, J. L. *The first step in planning group technology*. International Journal of Production Economics, Volume 43. Elsevier Science, 1996.
- CHAN, F., T., JIANG, B. *Simulation-aided design of a production and assembly cells in an automotive company*. Integrated manufacturing Systems. MCB University Press, 1999.
- CHEN, Ja-S. and HERAGU, S. S. *Stepwise decomposition approaches for large scale cell formation problems*. European Journal of Operational Research, Volume 113. Elsevier Science, 1999.
- CHEN, S. J. G., CHEN, L. C. and LIN, L. *Knowledge-based support for simulation analysis of manufacturing cells*. Computers in Industry, Volume 44. Elsevier Science, 2001.

- CHENG, H. C., GOH, C. H. and LEE, A. ***Designing group technology manufacturing systems using heuristics branching rules***. Computers & Industrial Engineering, Volume 40. Elsevier Science, 2001.
- CHERNATONY, L., HARRIS, F. and RILEY, F. ***Added Value: its nature roles and sustainability***. 1998
- CHYR, F. – ***The effects of varying set up costs***. International Journal of Operations & Productions Management, 1996, 87-96
- COKINS, G. – ***Activity-based cost management – making it work***. Irwin Professional Publishing, Chicago, IL, 1996
- COLMANETTI, M.S. ***Modeling of manufacturing system oriented by costing of activities and process***. São Carlos. Dissertação de mestrado. Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. Brasil. 2002.
- COSTA, M. A. ***Metodologia de implantação da gestão baseada em atividade (ABM): Uma aplicação em área de engenharia da CELESC***. Dissertação de mestrado. UFSC. Santa Catarina, 1999.
- DATAR, S., KEKRE, S., MUKHOPADYAY, T. and SVAAN, E. ***Overloaded Overheads: Activity Based Cost Analysis of Material Handling in Cell Manufacturing***. Journal of Operations Management. Special Issue on Group Technology and Cellular Manufacturing. Elsevier Science, 1991.
- DÍAZ, B. A., LOZANO, S., RACERO, J. and GUERRERO, F. ***Machine cell formation in generalized group technology***. Computers & Industrial Engineering, Volume 41. Elsevier Science, 2001.
- DOWLATSHAHI, S. and NAGARAJ, M. ***Application of Group Technology for design data management***. Computers & Industrial Engineering, Elsevier Science, 1997.
- FERNANDES, K. J., RAJA, V. and ANTONY, J. ***Optimum level of goal mapping in a reengineering environment***. Business Process Management Journal. Volume 7. MCB University Press, 2001.
- FREIRES, G. M. ***Proposta de um modelo de gestão de custos de uma cadeia de suprimentos***. Dissertação de mestrado. UFSC, Santa Catarina. 2000.
- GARAVELLI, A. C. ***Performance analysis of a batch production system with limited flexibility***. International Journal of Production Economics, 2001
- GRIFFITHISI, J., JAMES, R. and KEMPSON, J. ***Focusing customer demand through manufacturing Supply Chain by the use of customer focused cells: An appraisal***. International Journal of Production Economics, 2000
- GUNASEKARAM, A. ***A framework for the designer and audit of an Activity Based Costing System***. Managerial Accounting Journal. MCB University Press, 1999.
- _____ SINGH, D. - ***Design of activity-based costing in a small company: a case study***. Computers & industrial Engineering, 1999.
- _____ SARHADI, M. – ***Implementation of activity based costing in manufacturing***. International Journal of Production Economics. Elsevier Science, 1998.

- GUPTA, M. and GALLOWAY, K. *Activity-based costing/management and its implications for operations management*. Technovation, Volume 2. Elsevier Science, 2002.
- HARREL, C. R., MOTT, J. R. A., BATEMAN, R. E., BOWDEN, R. G., GOGG, T. J. *Simulação Otimizando sistemas*. 2ª Edição, Belge Engenharia e Sistemas Ltda. Instituto IMAM. São Paulo. 2002.
- HUSSAIN, M., GUNASEKARAM, A. *Activity based costing in financial services industry*. Management Services Quality, 2001
- ITTNER, C. D., LANEM, W. N. and LARCKER, D. F. *The association between Activity Based Costing and manufacturing performance*. Journal of Accounting Research. Institute of Professional Accounting, USA, 2002.
- JOHNSON, H. T. and KAPLAN, R. S. – *Relevance lost: the rise and fall of management accounting*. Harvard Business School Press, Cambridge 1986
- KAMRANI, A. K., HUBBARD, PARSANEL, H. R. and LEEP, H. R. – *Simulation-Based Methodology for machine cell design*. Computers & Industrial Engineering, Volume 34. Elsevier Science, 1998.
- KAPLAN, R. S., COOPER, R. *Custo e desempenho: Administre seus custos para ser mais competitivo*. 2ª Edição, Editora Futura. São Paulo, 2000.
- KEE, R., SCHIMDT, C. *A comparative analysis of utilizing activity based costing and the theory of constraints for making product mix decisions*. International Journal of Production Economics, 2001.
- KUO, R. J., CHI, S. C. and TENG, P. W. *Generalized part family formation through fuzzy self-organizing feature map neural network*. Computers & Industrial Engineering, Volume 40. Elsevier Science, 2001.
- LEA, B-R. and FREDENDALL, L. D. *The impact of management accounting, product structure, product mix algorithm, and planning horizon on manufacturing performance*. International Journal of production Economics, Volume 79. Elsevier Science, 2002.
- LEE, S. D. and CHIANG, C. P. *Cell formation in the uni-directional loop material handling environment*. European Journal Operational Research, Volume 137. Elsevier Science, 2002.
- LEE, S. K. and KO, S. L. *Development of simulation system for machining process using enhanced Z map model*. Journal of Materials Processing Technology, Volumes 130-131. Elsevier Science, 2002.
- LIAO, T. W., CHEN, L. J., CHEN, Z. H. and COATES, E. R. – *A comparison of two approaches for designing line type cellular manufacturing systems*. Integrated Manufacturing Systems, Volume .Elsevier Science, 1996.
- LIN, L. C. and SHARP, G. P. *Application of the integrated framework for the plant layout evaluation problem*. European Journal of Operational Research, Volume 116. Elsevier Science, 2001.
- LOPES, M. C. *Modelo para focalização da produção com células de manufatura*. Dissertação de mestrado. UFSC. Santa Catarina, 1998.

- LOZANO, S., CANÇA, D., GUERRERO, F. and GARCÍA, J. M. *Machine grouping using sequence-based similarity coefficients and neural networks*. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Volume 17. Elsevier Science, 2001.
- LUONG, L., HE, J., ABHARY, K. and QIU, L. *A decision support system for cellular manufacturing system design*. Computers & Industrial Engineering, Volume 42. Elsevier Science, 2002.
- MARTINS, E., *Contabilidade de custos, inclui ABC*. 8ª Edição. Editora Atlas. São Paulo, 1998.
- MILES, L. D. – *Techniques of Value Analysis and Engineering*. McGraw-Hill Companies, New York, NY. 1970
- MOHAMED, A. N. *Knowledge based approach for productivity adjusted construction schedule*. Expert Systems with Applications, Volume 21. Elsevier Science, 2001.
- MOLLEMAN, E., SLOMP, J. and ROLEFES, S. *The evolution of a cellular manufacturing system – a longitudinal case study*. International Journal of Production Economics, Volume 75. Elsevier Science, 2002.
- MONDEN, Y. *The relationship between mini profit center and JIT System*. International Journal Production Economics, Volume 80. Elsevier Science, 2002.
- NEEDY, K. L., BILLO, R. E. and COLOSIMO, R. L. – *A cost model for evaluating alternative cellular manufacturing configurations*. Computer & Industrial Engineering, Volume 34. Elsevier Science, 1998.
- NYE, T. J., JEWKES, E. M., DILTS, D. M. *Optimal investment in setup reduction in manufacturing systems with WIP inventories*. European Journal of operation Research, 2001
- O’KANE, J. F., SPENCELEY, J. R., TAYLOR, R. *Simulation as an essential tool for advanced manufacturing technology problems*. Journal of Materials Processing Technology. Elsevier Science, 2000.
- OLIVEIRA, F. A., MONTEVECHI, J. A. B. *Avaliação da Configuração Celular de manufatura do ponto de vista econômico*. XXI Encontro de Engenharia de Produção, ENEGEP. Salvador, Bahia, 2001.
- OLORUNNIWO, F., UDO, G. *The impact of management and employees on cellular manufacturing implementation*. International Journal Production Economics. Elsevier Science, 2002.
- ONWUBOLU, G. C. and MUTINGI, M. – *A Genetic algorithm approach to cellular manufacturing Systems*. Computers & Industrial Engineering, 2001, 125–144.
- OSTRENGA, M. R., OZAN, T. R., MELLHATAN, R. D., HARWOOD, M. D. *Guia da Ernest & Young para Gestão Total de Custos*. Editora Record, 13ª Edição. São Paulo e Rio de Janeiro, 1993.
- PAMPLONA, E. O. *Contribuição para análise crítica do sistema de custos ABC através da avaliação dos direcionadores de custos*. Tese de doutorado. EAESP. FGV -Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, 1997.
- RASMUSSEN, R. R., SAVORY, P. A. and WILLIAMS, R. E. – *Integrating simulation with activity-based management to evaluate manufacturing cell part sequencing*. Computers & Industrial Engineering, Volume 39. Elsevier Science, 1999.

- RHOLEDER, T. R., SILVER, E. A. *A tutorial on bussiness process improvement*. Journal of Operation Management, Volume 15. Elsevier Science, 1997.
- RIOS, M. C., MOUNT-CAMPBELL, C. A. and IRANI, S. A. *An approach to the design of a manufacturing cell under economic considerations*. International Journal of Production Economics, Volume 78. Elsevier Science, 2002.
- ROBINSON, S. *General concepts of quality for discrete event simulation*. European Journal of Operational Research. Elsevier Science, 2002.
- ROSA, E. B. *Parâmetros de desempenho: A vantagem competitiva das empresas estudo de caso*. Dissertação de mestrado. UNIFEI, 1996.
- SANTORO, M., C., MORAES, L. H. *Simulação de uma linha de montagem de motores*. Gestão & Produção, volume 7, nº 3, p 338-351. Dezembro de 2000.
- SARKER, B. R., LI, K. – *Simultaneous route selection and cell formation: a mixed-integer programming time cost model*. Integrated Manufacturing Systems, 1997,370-377.
- SCHNEEWEISS, C. – *On the applicability of the activity based costing as a planning instrument*. International Journal of Production Economics. Elsevier Science, 1998.
- SELIM, H. M., ASKIN, R. G. and VAKHARIA, A. J. *Cell formation in group technology: review, evaluation and directions for future research*. Computers & Industrial Engineering, Volume 34. Elsevier Science, 1998.
- SLACK, N. A., CHAMBERS, S., HARLAND, C., HARISSON, A., JOHNSTON, R. – *Administração da Produção*. Editora Atlas, São Paulo. 1997.
- SPEDDING, T. A., SUN, G.Q. *Application of discrete event simulation to teh activity based costing of manufacturing systems*. International Journal Production Economics, 1998.
- VILELLA, C.S.S. *Mapeamento de processo como ferramenta de reestruturação e aprendizagem organizacional*. Dissertação de mestrado. UFSC. Santa Catarina, 2000.
- YASUDA, K., YIN, Y – *Dissimilarity measure for solving the cell formation problem in cellular manufacturing*. Computers & Industrial Engineering, Volume 39. Elsevier Science, 2001.

Diagramas homem-máquina para os processos da célula XV.

A₁₁ Processo de torneamento

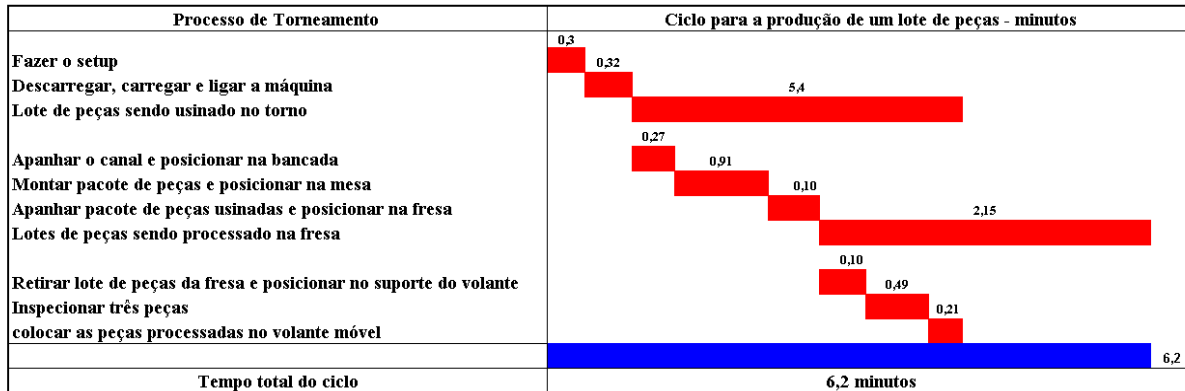


Figura A₁₁ – diagrama homem-máquina para o processo de torneamento.

A₁₁ Processo de gravação

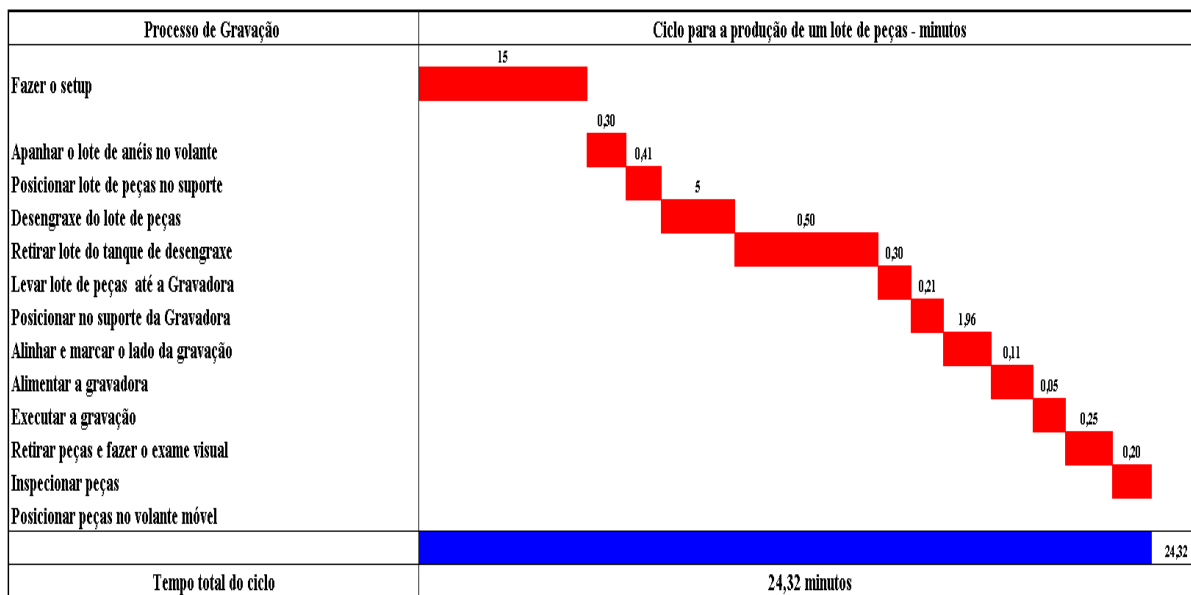


Figura A₁₂ – diagrama homem-máquina para o processo de gravação.

A₁₃ Processo de torneamento acabado

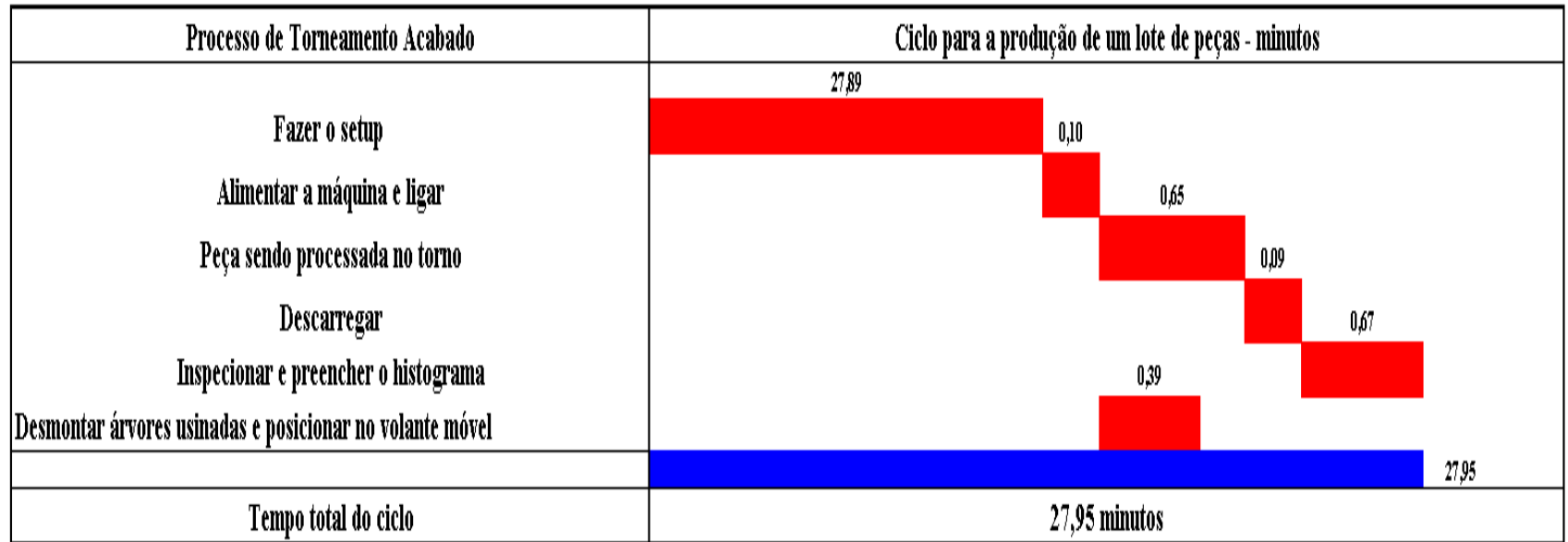


Figura A₁₃ – diagrama homem-máquina para o processo de torneamento acabado.

A₁₄ Processo de rebaixo/chanfro

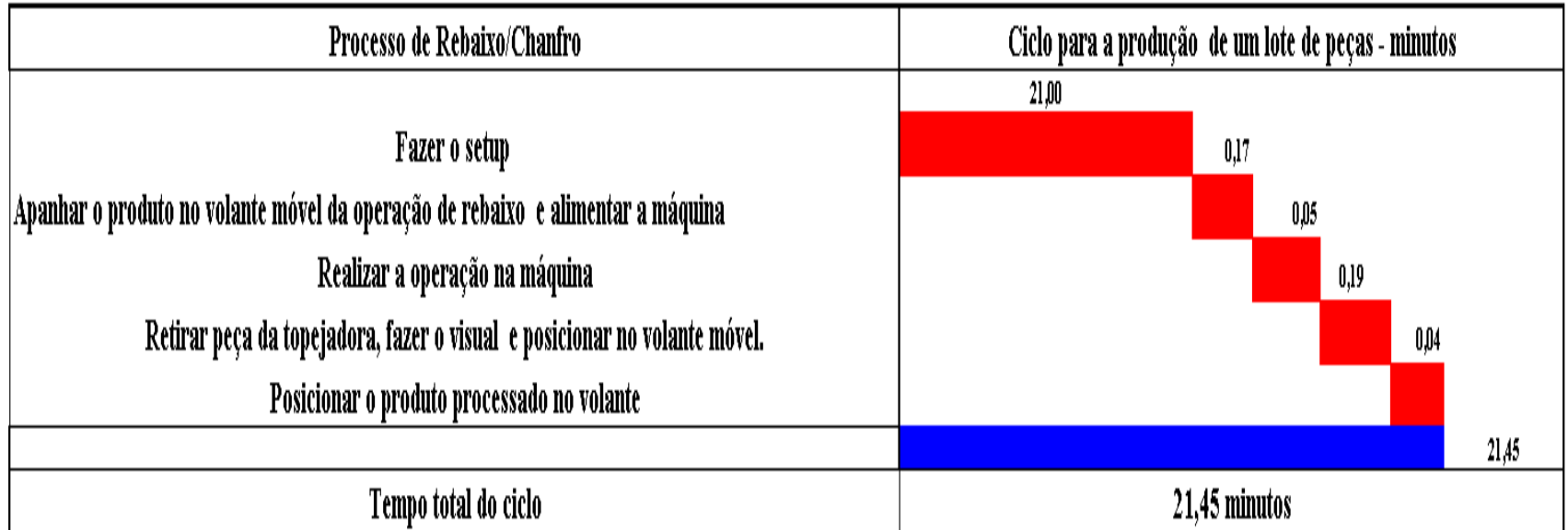


Figura A₁₄ – diagrama homem-máquina para o processo de torneamento acabado.

A₁₅ Processo de topejamento



Figura A₁₄ – diagrama homem-máquina para o processo de topejamento.

A₁₆ Processo de escovamento

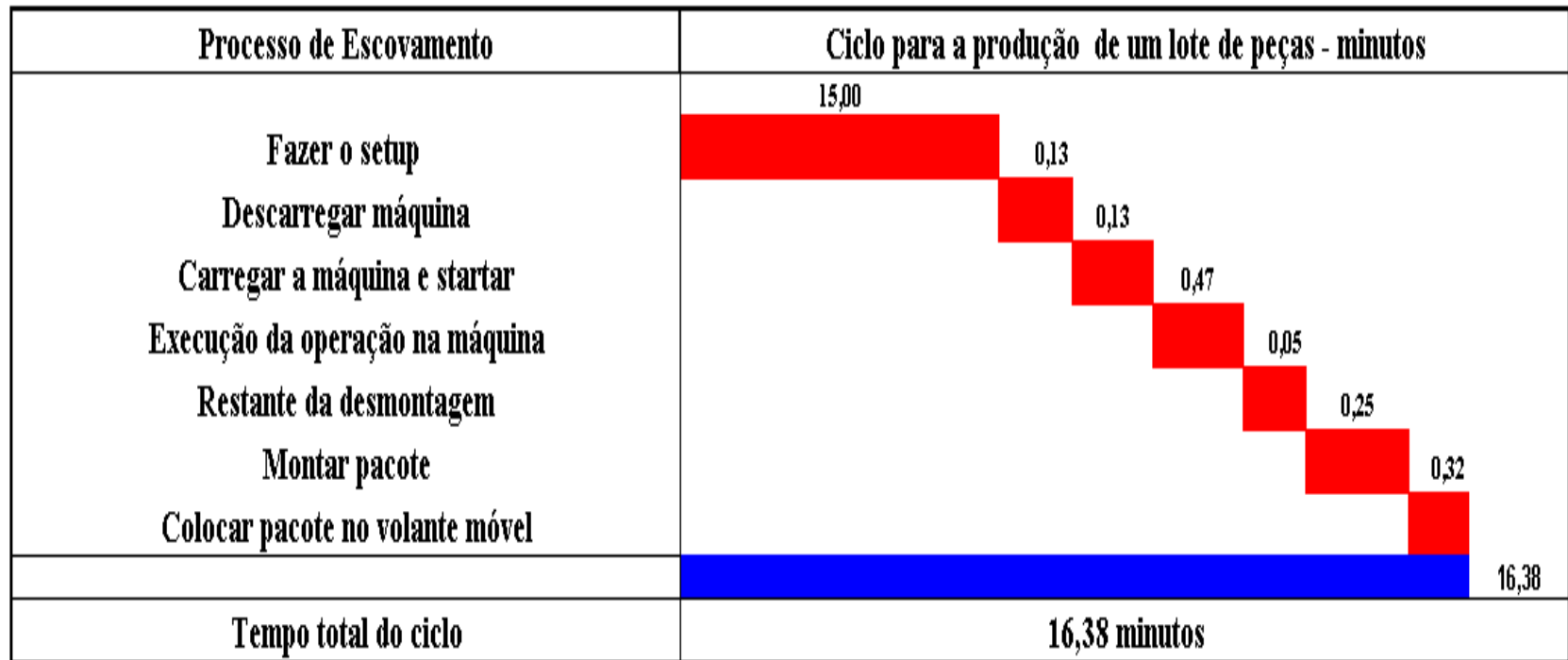


Figura A₁₆ – diagrama homem-máquina para o processo de escovamento.

A₁₇ Processo de bombeamento/lapidação

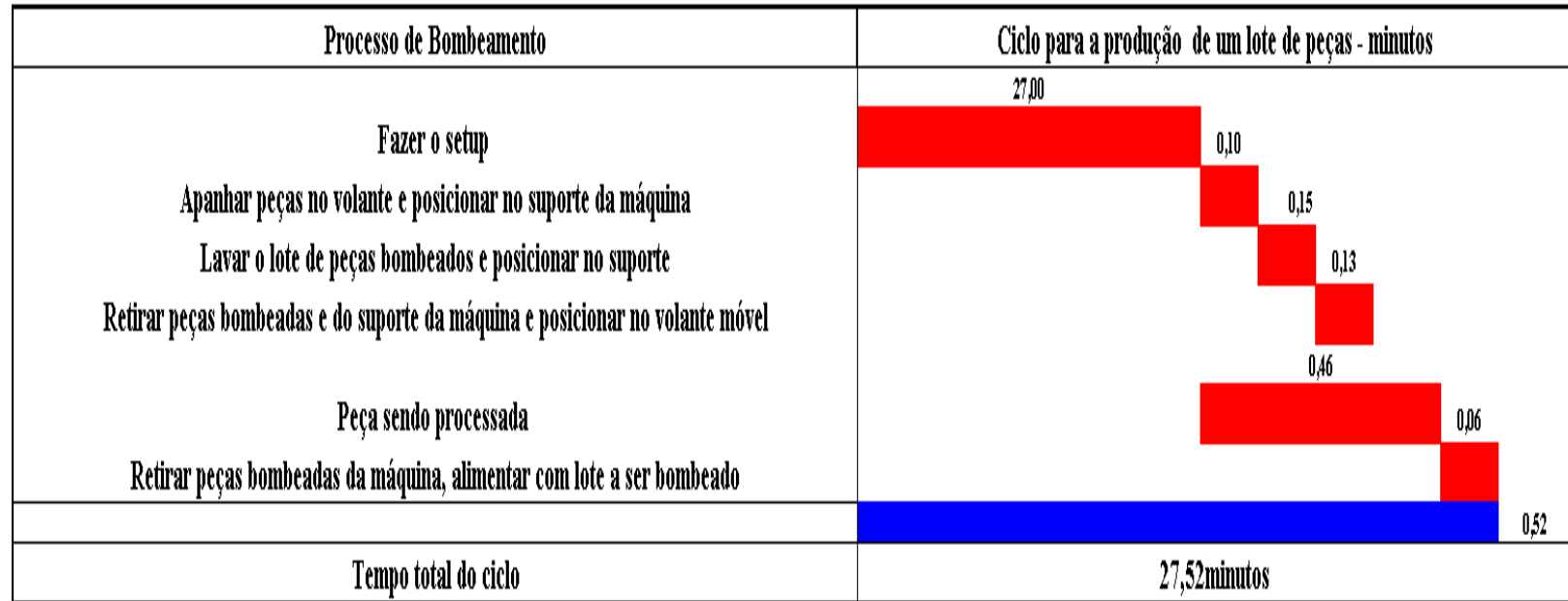


Figura A₁₇ – diagrama homem-máquina para o processo de bombeamento/lapidação.

Recursos consumidos pela célula XV

GRUPO DE RECURSOS		RECURSOS	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
		HORA EXTRA	R\$ 7,00	R\$ 3.456,00	R\$ 1.990,00	R\$ 1.250,00	R\$ 1.110,00	R\$ 498,00
		SALÁRIOS	R\$ 9.118,00	R\$ 12.164,00	R\$ 10.256,00	R\$ 10.458,00	R\$ 9.899,00	R\$ 9.818,00
		INSS/SESI	R\$ 2.482,00	R\$ 4.061,00	R\$ 3.184,00	R\$ 3.442,00	R\$ 3.083,00	R\$ 2.496,00
		FGTS	R\$ 776,00	R\$ 1.328,00	R\$ 1.041,00	R\$ 1.240,00	R\$ 936,00	R\$ 967,00
		13º SALÁRIO	R\$ 868,00	R\$ 929,00	R\$ 869,00	R\$ 876,00	R\$ 904,00	R\$ 887,00
		FÉRIAS	R\$ 760,00	R\$ 2.293,00	R\$ 1.529,00	R\$ 1.860,00	R\$ 2.036,00	R\$ 1.201,00
		SAT	R\$ 219,00	R\$ 312,00	R\$ 245,00			
		ENCARGOS	R\$ 277,00	R\$ 837,00	R\$ 558,00	R\$ 679,00	R\$ 743,00	R\$ 337,00
		ENCARGOS 13	R\$ 317,00	R\$ 339,00	R\$ 317,00	R\$ 296,00	R\$ 330,00	R\$ 239,00
GRUPO		PROV. BANCO	R\$ 20,00	R\$ 29,00	R\$ 23,00	R\$ 22,00	R\$ 46,00	R\$ 23,00
DE RECURSOS		ENCARGOS	R\$ 10,00	R\$ 14,00	R\$ 11,00	R\$ 10,00	R\$ 22,00	R\$ 11,00
MÃO DE OBRA		EMP. PREV	R\$ 1.927,00	R\$ 965,00	R\$ 864,00	R\$ 474,00	R\$ 83,00	R\$ 457,00
DIRETA		ASSIS. MÉDICA	R\$ 1.604,00	R\$ 1.519,00	R\$ 78,00	R\$ 1.574,00	R\$ 1.604,00	R\$ 1.712,00
		CEST. BÁSICA	R\$ 144,00	R\$ 148,00	R\$ 132,00	R\$ 120,00	R\$ 96,00	R\$ 72,00
		TRANSPORTE	R\$ 503,00	R\$ 1.355,00	R\$ 1.587,00	R\$ 1.303,00	R\$ 774,00	R\$ 887,00
		REEM. TRANS	R\$ 135,00	R\$ 150,00	R\$ 143,00	R\$ 115,00	R\$ 115,00	R\$ 69,00
		ALIMENTAÇÃO	R\$ 1.400,00	R\$ 1.367,00	R\$ 1.313,00	R\$ 1.633,00	R\$ 1.639,00	R\$ 1.396,00
		REM. ALIMEN	R\$ 33,00	R\$ 83,00	R\$ 60,00	R\$ 54,00	R\$ 82,00	R\$ 45,00
		SEGURO VIDA	R\$ 40,00	R\$ 215,00	R\$ 40,00	R\$ 133,00	R\$ 31,00	R\$ 216,00
		REEM ASS					R\$ 34,00	R\$ 325,00
		AVISO PREVIO				R\$ 14.114,00	R\$ 175,00	R\$ 910,00
Subtotal	subtotal		R\$ 19.402,00	R\$ 30.716,00	R\$ 23.346,00	R\$ 38.809,00	R\$ 22.738,00	R\$ 21.476,00
GRUPO TREIN		TREINAMENTO	R\$ 20,00	R\$ 171,00	R\$ 188,00	R\$ 386,00	R\$ 45,00	R\$ 437,00
Subtotal	subtotal		R\$ 20,00	R\$ 171,00	R\$ 188,00	R\$ 386,00	R\$ 45,00	R\$ 437,00
GRUPO DEPRECI		DEPRECIÇÃO	R\$ 5.716,00	R\$ 5.716,00	R\$ 5.716,00	R\$ 5.716,00	R\$ 5.716,00	R\$ 5.716,00
Subtotal	subtotal		R\$ 5.716,00	R\$ 5.716,00	R\$ 5.716,00	R\$ 5.716,00	R\$ 5.716,00	R\$ 5.716,00
		MANUT. CONS						
GRUPO	RECURSO	MANUT. MÁQ	R\$ 73,00		R\$ 1.049,00		R\$ 11,00	R\$ 287,00

MANUTENÇÃO	MANUT. MÁQ2	R\$ 2.583,00	R\$ 12.966,00	R\$ 4.134,00	R\$ 8.487,00	R\$ 5.348,00	R\$ 7.789,00
	CONST. MANUT.	R\$ 9.963,00	R\$ 22.856,00	R\$ 9.092,00	R\$ 6.240,00	R\$ 10.679,00	R\$ 11.124,00
Subtotal	subtotal	R\$ 12.619,00	R\$ 35.822,00	R\$ 14.275,00	R\$ 14.727,00	R\$ 16.038,00	R\$ 19.200,00
ENERGIA ELÉTRICA	ENERGIA ELÉTRICA	R\$ 1.028,00	R\$ 909,00	R\$ 1.031,00	R\$ 1.263,00	R\$ 1.134,00	R\$ 1.126,00
Subtotal	subtotal	R\$ 1.028,00	R\$ 909,00	R\$ 1.031,00	R\$ 1.263,00	R\$ 1.134,00	R\$ 1.126,00
	SEGURO INCÊNDIO					R\$ 742,00	R\$ 259,00
GRUPO GERAIS	ADMINISTRAÇÃO		R\$ 186,00	R\$ 307,00	R\$ 166,00	R\$ 199,00	R\$ 166,00
ADMINISTRATIVA	AUXILIAR	R\$ 64,00	R\$ 1.904,00	R\$ 2.452,00	R\$ 6.223,00	R\$ 2.154,00	R\$ 1.842,00
	SEGURANÇA	R\$ 69,00	R\$ 88,00	R\$ 25,00	R\$ 817,00	R\$ 48,00	R\$ 52,00
	ASSOCIAÇÃO						
Subtotal	subtotal	R\$ 133,00	R\$ 2.178,00	R\$ 2.784,00	R\$ 7.206,00	R\$ 3.143,00	R\$ 2.319,00
GRUPO RECURSOS	MATERIAL	R\$ 540,00	R\$ 14,00	R\$ 989,00	R\$ 39,00		R\$ 415,00
MATERIAIS	MATERIAIS DE CONSUMO	R\$ 37,00	R\$ 703,00	R\$ 222,00	R\$ 183,00	R\$ 4,00	R\$ 432,00
Subtotal	subtotal	R\$ 577,00	R\$ 717,00	R\$ 1.211,00	R\$ 222,00	R\$ 4,00	R\$ 847,00
	FERRAMENTAS	R\$ 4,00	R\$ 11,00	R\$ 387,00	R\$ 25,00	R\$ 13,00	R\$ 169,00
GRUPO INSUMO	HIGIENE E LIMPEZA	R\$ 15,00	R\$ 298,00	R\$ 82,00	R\$ 15,00	R\$ 224,00	R\$ 22,00
	ABRASIVOS		R\$ 3,00	R\$ 11,00	R\$ 98,00		
Subtotal	subtotal	R\$ 19,00	R\$ 312,00	R\$ 480,00	R\$ 138,00	R\$ 237,00	R\$ 191,00
TOTAL	Total	R\$ 39.514,00	R\$ 76.541,00	R\$ 49.031,00	R\$ 68.467,00	R\$ 49.055,00	R\$ 51.312,00

Requisições de manutenção por equipamento

Mês	TFV	GRAV	TAC	REB	TPJ	ESCO	BOMB	total
Janeiro	10	5	10	3		4		32
Fevereiro	25		11				3	39
Março	34	10		7				51
Abril	10				3		2	15
Maio	10	22	5	1		2		40
Junho		12	5	7	15		2	41
Total	94	49	31	18	18	6	7	
Horas	261,39	129,63	145,78	161,66	83,81	12,06	15,69	810,02

Sendo:

TFV – Torno de forma Vertical;

GRAV – Gravação;

TAC – Torno de acabamento;

REB – Rebaixo/chanfro;

TPJ – Topejadora;

ESCO – Escovamento;

BOMB - Bombeamento.

Anexo 4

Número de horas trabalhadas por cada funcionário em cada mês

Mês	Nº de funcionários	Total de horas	Hrs/funcionário mês
Janeiro	20	3048	152
Fevereiro	20	3133	157
Março	18	3149	175
Abril	18	2964	165
Maiο	18	3163	176
Junho	17	3023	178

Consumo de recursos de cada processo para atender a demanda por cada produto.

Produto	Janeiro	Transportar	Montagem de árvore/pacote de peças	Preencher OPA
AN21138.00	4800	R\$ 52,24	R\$ 36,66	R\$ 0,25
AN22505.10	4350	R\$ 47,35	R\$ 33,22	R\$ 0,25
AN21139.00	13750	R\$ 149,66	R\$ 105,02	R\$ 0,25
AN21137.00	10000	R\$ 108,84	R\$ 76,38	R\$ 0,25
AN15617.00	44610	R\$ 485,54	R\$ 340,73	R\$ 0,25
AN18446.00	15168	R\$ 165,09	R\$ 115,85	R\$ 0,25
AN22505.30	1300	R\$ 14,15	R\$ 9,93	R\$ 0,25
AN19858.00	109923	R\$ 1.196,41	R\$ 839,58	R\$ 0,25
AN22505.00	2050	R\$ 22,31	R\$ 15,66	R\$ 0,25
AN22505.20	4800	R\$ 52,24	R\$ 36,66	R\$ 0,25
Total	210751	R\$ 2.293,82	R\$ 1.609,70	R\$ 2,52

Produto	Janeiro	Desengravar pacote de peças	Inspecionar e preencher Histograma	TFV
AN21138.00	4800	R\$ 48,52	R\$ 23,48	R\$ 320,71
AN22505.10	4350	R\$ 43,98	R\$ 21,28	R\$ 290,64
AN21139.00	13750	R\$ 139,00	R\$ 67,27	R\$ 1.064,60
AN21137.00	10000	R\$ 101,09	R\$ 48,92	R\$ 668,14
AN15617.00	44610	R\$ 450,98	R\$ 218,25	R\$ 1.455,21
AN18446.00	15168	R\$ 0,00	R\$ 74,21	R\$ 369,60
AN22505.30	1300	R\$ 13,14	R\$ 6,36	R\$ 86,86
AN19858.00	109923	R\$ 1.111,24	R\$ 537,80	R\$ 3.499,37
AN22505.00	2050	R\$ 20,52	R\$ 10,03	R\$ 136,97
AN22505.20	4800	R\$ 487,72	R\$ 23,48	R\$ 320,71
Total	210751	R\$ 2.395,67	R\$ 1.031,10	R\$ 8.212,80

Produto	Janeiro	GRAV	TAC	REB	TPJ	ESCO	BOMB	Custo total do produto
AN21138.00	4800	R\$ 168,68	R\$ 126,93	R\$ 122,37	R\$ 66,55	R\$ 58,06	R\$ 322,79	R\$ 0,28
AN22505.10	4350	R\$ 76,43	R\$ 115,03	R\$ 55,45	R\$ 60,31	R\$ 52,62	R\$ 0,00	R\$ 0,18
AN21139.00	13750	R\$ 241,59	R\$ 363,60	R\$ 350,53	R\$ 190,63	R\$ 166,33	R\$ 924,65	R\$ 0,27
AN21137.00	10000	R\$ 175,70	R\$ 264,44	R\$ 254,93	R\$ 138,64	R\$ 120,97	R\$ 672,47	R\$ 0,26
AN15617.00	44610	R\$ 783,81	R\$ 1.179,65	R\$ 0,00	R\$ 618,48	R\$ 539,63	R\$ 1.499,95	R\$ 0,17
AN18446.00	15168	R\$ 0,00	R\$ 401,10	R\$ 193,34	R\$ 210,29	R\$ 183,48	R\$ 0,00	R\$ 0,11
AN22505.30	1300	R\$ 22,84	R\$ 34,38	R\$ 16,57	R\$ 18,02	R\$ 15,73	R\$ 0,00	R\$ 0,18
AN19858.00	109923	R\$ 1.931,39	R\$ 2.906,76	R\$ 1.401,15	R\$ 1.523,98	R\$ 1.329,70	R\$ 0,00	R\$ 0,15
AN22505.00	2050	R\$ 36,02	R\$ 54,21	R\$ 26,13	R\$ 28,42	R\$ 24,80	R\$ 0,00	R\$ 0,18
AN22505.20	4800	R\$ 84,34	R\$ 126,93	R\$ 61,18	R\$ 66,55	R\$ 58,06	R\$ 0,00	R\$ 0,18
Total	210751	R\$ 3.520,80	R\$ 5.573,02	R\$ 2.481,66	R\$ 2.921,87	R\$ 2.549,38	R\$ 3.419,86	

Artigos escritos a partir do tema desta dissertação

Os artigos decorrentes do tema desta dissertação, aqui relacionados apresentam somente os *abstracts* e o respectivo local de apresentação. Os artigos completos podem ser obtidos com o autor, através do e-mail: faoliveirabr@yahoo.com.

XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP - VII International Conference on Industrial Engineering and Operational Management. 17 a 19 de outubro de 2001, FTC, Salvador-BA

Avaliação da configuração celular de manufatura do ponto de vista econômico

Abstract: This article will show a bibliographical review on the economics methods that are applied to manufacturing cells. Many studies focus on the difference between the functional layout and the cellular one, trying to demonstrate the superiority of a system on the other. It is, then, necessity to evaluate these systems through a different point of view that it supplies reliable data in accordance with the reality of the industry.

Keywords: Manufacturing Cell, Cost, Sequencing.

XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP - VIII International Conference on Industrial Engineering and Operational Management. 23 a 25 de Outubro de 2002, PUC, Curitiba-PR

O reflexo da mudança organizacional sobre o desempenho de uma empresa de autopeças: um estudo de caso

Abstract: Many researchers have developed some studies in the area of change organizational structure. But, there are some questions about this subject. On this way, this article aimed to get a case study about the consequence of organizational change on the performance of a manufacturing industry that was functional and now it has a matricial structure. The industry

was broken down in five mini factories with base on its line product and each mini factory is management by a boss with a multiskil group. The firm was evaluated on two aspects: management human resource and quality process. The results show that the quality of products and the organizational enviroment improved.

Keywords: organizational framework, human resource, quality.

XXXIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional -SOBRAPO – 8 a 11 de Outubro de 2002, IME, Rio de Janeiro-RJ.

Otimização do custo de fundição da liga de ferro fundido: Um estudo de caso.

Resumo: Reduzir o custo de produção de um produto não é uma tarefa simples. Principalmente quando o processo deve atender as especificações pré-estabelecidas. Deste modo, é importante utilizar ferramentas que sejam capazes de conciliar o baixo custo com o atendimento as especificações. Com este objetivo, este artigo mostra a aplicação da Programação Linear, para minimizar o custo de produção de uma liga metálica. Os resultados mostram uma economia significativa para a empresa.

Abstract: This article shows the advantages of application of the Linear Programming as tools of optimization resources, in a foundry of mechanical elements, aimed to make batch with the least cost. In application, it was used a software help to get a solution with low cost.

Keywords: Costing, Linear Programming, foundry.

18th International Logistics Congress and Exhibition – ICL 2002 – SOLE – 6 a 8 de Outubro de 2002, Munich – Germany.

The layout reorganization in minifactories managed by multi discipline teams over the supply chain in a manufacturing enterprise.

Abstract: The constant company concerns towards its customers is not something new. However, with the market being more and mores focused on the market, the organizations tried to use the

management system and develop strategies capable of assuring their products' quality and the rational use of the resources, guarantying their survival on the market. This study, carried on an auto parts company, has the aim of exploring the transition process form the functional management to the head office management, where the company is divided in five mini factories, outlining a chain, where each previous process is the customer of the subsequent process and the Logistic Department's final customer. The objective of this case study is to analyze this plant changes, verifying the link between customers and suppliers of the process, through rework and scrap indexes, on time product delivery and collaborator involvement.

Keywords: Supply chain, layout, management.

Management Accounting System Conference 2002 – MAS – American Accounting Association, 9-11 Janeiro de 2003, San Diego, Califórnia.

The activity based cost management as tool of abordagem multidisciplinar for modelagem of manufacturing

***Abstract:** Many researchers have developed some studies in the area of improvement process with base in the costing. But, there are some questions about this subject as a methodological structure for application one. This way, this article intends to provide a bibliographical review of the Activity Based Costing Management as a tool for multiskill for management of production system.*

Keywords: cost, Activity Management.

XXXV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional -SOBRAPO – 4 a 7 de Novembro de 2003, UFRGN, Natal -RN.

A combinação entre a gestão baseada no custeio das atividades e a simulação computacional como ferramenta de ajuste e modelagem da manufatura celular.

Resumo: Muitos pesquisadores têm desenvolvido alguns estudos na área de melhoria do processo com base no custo. Contudo, existem algumas questões sobre este assunto, principalmente a construção de uma estrutura metodológica para sua aplicação. Deste modo, este artigo tem o objetivo de fornecer alguns conceitos, bem como propor, uma abordagem metodológica para a

utilização da gestão baseada no custeio das atividades em uma célula de manufatura, utilizando a simulação.

Palavras-chave: Custo, Atividades, Simulação.

Abstract: Many researchers have developed some studies in the area of improvement process with base in the costing. But, there are some questions about this subject as a methodological structure for application one. On this way, the present study aims at developing and applying a methodological approach for the Activity Based Management Cost in companies physically arranged in manufacture cells.

Keywords: Cost, Activity, Simulation.

Revista Máquinas & Metais, Edição Julho de 2003.

O reflexo da mudança organizacional sobre o desempenho de uma empresa de autopeças: um estudo de caso

Abstract: Many researchers have developed some studies in the area of change organizational structure. But, there are some questions about this subject. On this way, this article aimed to get a case study about the consequence of organizational change on the performance of a manufacturing industry that was functional and now it has a matricial structure. The industry was broken down in five mini factories with base on its line product and each mini factory is management by a boss with a multiskil group. The firm was evaluated on two aspects: management human resource and quality process. The results show that the quality of products and the organizational enviroment improved.

Keywords: organizational framework, human resource, quality.