



Campus de São Carlos

O USO DE *BUSINESS INTELLIGENCE* PARA
GERAR INDICADORES DE DESEMPENHO NO
CHÃO-DE-FÁBRICA: UMA PROPOSTA DE
APLICAÇÃO EM UMA EMPRESA DE
MANUFATURA

Marcos Roberto Fortulan

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Vila Gonçalves Filho

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS

**ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

MARCOS ROBERTO FORTULAN

O uso de *Business Intelligence* para gerar indicadores de desempenho no chão-de-fábrica: uma proposta de aplicação em uma empresa de manufatura

São Carlos

2006

Marcos Roberto Fortulan

O uso de *Business Intelligence* para gerar indicadores de desempenho no chão-de-fábrica: uma proposta de aplicação em uma empresa de manufatura

Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica.

Área de Concentração: Engenharia Mecânica

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Vila Gonçalves Filho

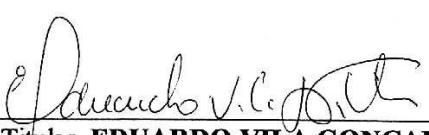
São Carlos

2006

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **MARCOS ROBERTO FORTULAN**

Tese defendida e julgada em 07-02-2006 perante a Comissão Julgadora:

 Aprovado
Prof. Titular **EDUARDO VILA GONÇALVES FILHO** (Orientador)
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

 APROVADO
Prof. Associado **RENATO GOULART JASINEVICIUS**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

 APROVADO
Prof. Associado **LUIZ CESAR RIBEIRO CARPINETTI**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

 APROVADO
Prof. Dr. **ROBERTO ANTONIO MARTINS**
(Universidade Federal de São Carlos/ UFSCar)

 APROVADO
Prof. Dr. **IRIS BENTO DA SILVA**
(Universidade Metodista de Piracicaba/UNIMEP)

 APROVADO
Prof. Associado **JONAS DE CARVALHO**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Mecânica

 APROVADO
Profa. Titular **MARIA DO CARMO CALIJURI**
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, cujo suor foi dedicado aos filhos, e à minha esposa Gláucia, por todo o amor, apoio e paciência que teve comigo em mais este trabalho.

Agradecimentos

Quero agradecer inicialmente ao Prof. Dr. Eduardo Vila Gonçalves Filho pela orientação e atenção que teve comigo no desenvolvimento deste trabalho. Nas diversas oportunidades que tivemos de conversar sobre o assunto, ele sempre soube me conduzir ao rumo certo a ser tomado.

Agradeço à empresa onde eu trabalho. Nesta, diariamente, tenho a oportunidade de aprender algo novo e exercer meu papel de engenheiro e cidadão brasileiro. Quero deixar registrado que o aprendizado obtido por meio dela foi significativo para a condução deste trabalho.

Deixo um agradecimento especial ao Sr. Armin pelo constante apoio e incentivo, além das diversas opiniões e conversas relativas ao tema desta pesquisa. Também deixo meu agradecimento ao Sr. Dagoberto, que sempre foi atencioso aos meus pedidos.

Quero agradecer também ao professor Cazarini, que por várias vezes me recebeu para conversas sobre o assunto desta tese e outros mais, e aos professores Íris, Carpinetti, Renato e Roberto, pelas excelentes contribuições que fizeram ao conteúdo da pesquisa.

Quero agradecer por fim à minha esposa Gláucia pelo amor, apoio e compreensão, sem o que, certamente, eu não teria concluído este trabalho; e à minha família, responsável pelo alicerce de minha vida, condição preponderante para o alcance de mais esta conquista.

“O mérito pertence àquele que se atira à luta; àquele cujas faces estão marcadas pela poeira, suor e sangue; àquele que erra e torna a errar, mas persiste, pois não há realizações sem erros ou falhas; àquele que busca realizar; àquele que se mune de entusiasmo, devoção e se entrega às grandes causas; àquele, enfim que, se falhar, ao menos o terá feito enquanto tentava”.

Theodore Roosevelt

RESUMO

FORTULAN, Marcos R. **O uso de *Business Intelligence* para gerar indicadores de desempenho no chão-de-fábrica:** uma proposta de aplicação em uma empresa de manufatura. 2006. 179 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

A evolução pela qual passou o chão-de-fábrica no último século transformou-o numa área estratégica para as empresas, por meio da qual é possível atender e satisfazer as necessidades dos seus clientes. Esse novo chão-de-fábrica gera hoje uma grande quantidade de dados nos controles do seu processo produtivo, os quais, em muitos casos, após seu uso imediato ou de curto prazo, acabam descartados ou armazenados inadequadamente, impossibilitando ou dificultando seu acesso. Esses dados, no entanto, podem vir a ter uma importante utilidade como matéria-prima para a geração de informações úteis à gestão do negócio. Aliado à necessidade que as empresas hoje têm de possuir um adequado Sistema de Medição de Desempenho, é possível obter, a partir dos dados históricos do chão-de-fábrica, um bom conjunto de indicadores de desempenho para a área. Para isso, esses dados precisam ser modelados em sistemas especialmente projetados para esta função. Esses sistemas vêm sendo tratados como Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) ou *Business Intelligence* (BI). Como solução para os problemas acima, foi feita então uma revisão sobre os temas: Sistemas de Informação, ERP, Sistemas de Medição de Desempenho, Qualidade da Informação, SAD/BI, bem como uma revisão sobre os trabalhos científicos relacionados ao tema da tese. Uma vez tendo sido esses conceitos consolidados, partiu-se para o desenvolvimento de um modelo dimensional de BI que se utilizou das ferramentas de *Data Warehouse*, *On Line Analytical Processing* (OLAP) e *Data Mining*. O software utilizado foi o Analysis Services, pertencente ao banco de dados Microsoft SQL Server 2000. Em seguida, o modelo foi testado com dados reais de uma empresa do ramo metal-mecânico, tratada aqui como “Empresa A”. Por meio do modelo e dos dados reais, uma série de análises foram realizadas com o intuito de mostrar a contribuição, capacidade, flexibilidade e facilidade de uso do modelo, atingindo o objetivo proposto.

Palavras Chaves: Sistema de Apoio à Decisão, *Business Intelligence*, *Data Warehouse*, OLAP, *Data Mining* e chão-de-fábrica.

ABSTRACT

FORTULAN, Marcos R. **The use of Business Intelligence to produce performance indicators in the shop floor:** an application proposal in a manufacturing company. 2006. 179 f. Thesis (Mechanical Engineering Doctoral) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

The shop floor evolution in the last century has transformed it in a strategic area for the companies, through which is possible to reach and to satisfy the customers needs. This new shop floor generates today a great amount of data by the productive process controls, the ones which, in many cases, after its immediate use or in a short period, are discarded or stored inadequately, disabling or making impossible its access. These data, however, can come to have an important use as raw material for the production of useful information to the business administration. Together to the need that the companies have today to possess an appropriated Performance Measure System, it is possible to obtain, from the historical shop floor data, a good performance indicators group for the area. For that, these data must be modeled by systems specifically designed for this purpose. These systems have been treated as Decision Support Systems (DSS) or Business Intelligence (BI). As solution for the problems above, it was made a review over the following themes: Information Systems, ERP, Performance Measure System, Information Quality, DSS/BI, as well as a review about the scientific works related to this thesis theme. Once consolidated these concepts, started the development of a BI dimensional model, that used Data Warehouse tools, *On Line Analytical Processing* (OLAP) and Data Mining. It was used the Analysis Services software, belonged to the Microsoft SQL Server 2000 database. In the following, the model was tested with real data from a metal-mechanic company branch, called here as “Company A”. Through the model and of the real data, a series of analyses was accomplished with the intention of showing the model contribution, capacity, flexibility and use easiness, reaching the proposed objective.

Keywords: Decision Support Systems, Business Intelligence, Data Warehouse, OLAP, Data Mining and Shop Floor.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2: SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Figura 2.1 – SI integrado de manufatura e o fluxo de dados e informações.....	32
Figura 2.2 – Estrutura conceitual dos sistemas ERP, e sua evolução desde o MRP.....	34
Figura 2.3 – Estrutura de relacionamento do sistema ERP entre a sua base de dados central e seus módulos.....	35
Figura 2.4 – Competição entre “Virtuais Unidades de Negócio”.....	37
Figura 2.5 – Exemplo do Mapa de Relacionamento.....	43
Figura 2.6 – O BSC e as relações entre a visão e as perspectivas da organização.....	46
Figura 2.7 – Uso de Tecnologia RFID X Código de Barras.....	53
Figura 2.8 – Hierarquia entre dados, informações e conhecimentos.....	56

CAPÍTULO 3: SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO E *BUSINESS INTELLIGENCE*

Figura 3.1 – Hierarquia dos Sistemas dentro das empresas.....	64
Figura 3.2 – Arquitetura clássica de um <i>Data Warehouse</i>	69
Figura 3.3 – Modelo Dimensional de banco de dados utilizando esquema Estrela e um exemplo.....	73
Figura 3.4 – Modelo Dimensional de banco de dados utilizando o esquema Estrela e <i>Snowflake</i>	74
Figura 3.5 – Modelo de Banco de Dados Multidimensional – Tridimensional.....	79
Figura 3.6 – Modelo Conceitual de Gestão da Produção.....	91

CAPÍTULO 4: MODELANDO O BI NO CHÃO-DE-FÁBRICA

Figura 4.1. Custos versus benefícios das formas de compilação dos dados.....	103
Figura 4.2 – Mapa de relacionamento do chão-de-fábrica.....	108
Figura 4.3 – Modelo de BI para o chão-de-fábrica.....	114

Figura 4.4. Modelo Dimensional de BI para o chão-de-fábrica que utiliza o esquema estrela.....	115
Figura 4.5 - Sistema de interface para alimentação manual de dados do <i>Data Warehouse</i>	128
Figura 4.6 – Sugestão de relatório para apontamento dos eventos.....	129
 CAPÍTULO 5: IMPLEMENTAÇÃO DE UMA SITUAÇÃO EM PARTICULAR	
Figura 5.1 – Modelagem multidimensional do BI para o chão-de-fábrica com o banco de dados Access.....	133
Figura 5.2 – Tela principal do <i>front-end</i> desenvolvido com o Access para a edição dos dados.....	133
Figura 5.3 – Tela para a edição dos dados de Desempenho (tabela Fato Produção).....	134
Figura 5.4 – Tela principal do Analysis Services, com destaque para os Meta Dados.....	140
Figura 5.5 – Telas Schema e Data do Analysis Services para processamento do cubo.....	141
Figura 5.6 – Modelo dimensional do Cubo de Produção.....	143
Figura 5.7 – Cubo de Produção em e sua evolução de janeiro de 2003 a julho de 2005.....	144
Figura 5.8 – Cubo de Produção e seu comportamento em função do dia da semana.....	145
Figura 5.9 – Cubo de Produção e a análise das células.....	146
Figura 5.10 – Cubo de Produção e a análise das equipes.....	146
Figura 5.11 – Cubo de Produção e a análise de turnos.....	147
Figura 5.12 – Cubo de Produção e a análise de produtos.....	148
Figura 5.13 –Cubo Produção personalizado com o Excel.....	150
Figura 5.14 – Modelo dimensional utilizado para a montagem do Cubo Qualidade.....	151
Figura 5.15 – Cubo Qualidade e a evolução das falhas ao longo dos anos de 2003, 2004 e 2005.....	152
Figura 5.16 – Cubo Qualidade e a análise de falhas por células.....	153
Figura 5.17 – Cubo Qualidade e a análise de falhas por equipes.....	154

Figura 5.18 – Cubo Qualidade e a análise de falhas por turnos e equipes.....	155
Figura 5.19 – Cubo Qualidade e a análise de falhas por tipo de falha e produto.....	156
Figura 5.20 – Cubo Horas-Perda e a análise dos principais tipos de perdas.....	157
Figura 5.21 – Cubo Horas-Perda X Tempo e Horas-Perda X Turno.....	158
Figura 5.22 – Cubo Evento X Produção e o SnowFlake.....	160
Figura 5.23 – Análise da influência dos eventos nas medidas de Produção, Qualidade e Horas-Perda.....	161
Figura 5.24 – Análise da influência dos eventos X equipes X turnos.....	162
Figura 5.25 – Cubo Virtual de Produção X Qualidade X Horas-Perda.....	163
Figura 5.26 – Ferramenta Mining e uma pesquisa com os dados da tabela Fato Qualidade.....	164
Figura 5.27 – A ferramenta Mining mostrando os atributos do nó “Código Célula = 4P”.....	165
Figura 5.28 – A ferramenta Mining mostrando detalhes do nó “Código Célula = 4P”.....	166

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2: SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Tabela 2.1 – Necessidades e expectativas dos <i>stakeholders</i>	44
Tabela 2.2 – Métodos de apontamento e suas precisões.....	50

CAPÍTULO 3: SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO E *BUSINESS INTELLIGENCE*

Tabela 3.1 – Comparação entre Sistemas Operacionais e Analíticos.....	60
Tabela 3.2 – Características e capacidades dos sistemas OLAP	78

CAPÍTULO 4: MODELANDO O BI NO CHÃO-DE-FÁBRICA

Tabela 4.1 – Custo de softwares e sistemas de gestão.....	104
Tabela 4.2 – Necessidades e expectativas dos clientes.....	107
Tabela 4.3 – Matriz de causa-e-efeito: Indicadores de Desempenho propostos para o chão-de-fábrica X Necessidades e Expectativas.....	110
Tabela 4.4 – Desdobramento dos indicadores de desempenho para o chão-de-fábrica.....	112

CAPÍTULO 5 – IMPLEMENTAÇÃO DE UMA SITUAÇÃO EM PARTICULAR

Tabela 5.1 – Quantidade de dados disponíveis para análise após integração dos dados.....	139
--	-----

LISTA DE SIGLAS

Sigla	Inglês	Português (tradução livre)
BI	<i>Business Intelligence</i>	Inteligência do negócio
BSC	<i>Balanced Scorecard</i>	Tabela de Metas de Desempenho
CAD	<i>Computer Aided Design</i>	Projeto Auxiliado por Computador
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i>	Manufatura Auxiliada por Computador
CIM	<i>Computer Integrated Manufacturing</i>	Manufatura Integrada por Computador
CRP	<i>Capacity Resource Planning</i>	Cálculo detalhado de necessidade de capacidade
DBF	<i>Data Base File</i>	Arquivo de banco de dados
DSS	<i>Decision Support System</i>	Sistemas de apoio à decisão
EFQM	<i>European Foundation for Quality Management</i>	Fundação Européia para Gestão da Qualidade
EIS	<i>Executive Information System</i>	Sistema de informação gerencial
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>	Planejamento de recursos da corporação ou sistemas integrados de gestão
ERP II	<i>Enterprise Resource Planning II</i>	Planejamento de recursos da corporação ou sistemas integrados de gestão via web
FDM	<i>Factory Data Model</i>	Modelo de dados da fábrica
FMEA	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i>	Análise do modo e efeito da falha
FMS	<i>Flexible Manufacturing Systems</i>	Sistemas Flexíveis de Manufatura
HOLAP	<i>Hybrid On-Line Analytical Processing</i>	OLAP híbrido
JIT		No momento certo
KDD	<i>Knowledge Discovery in Databases</i>	“Mineração de dados” ou “garimpagem de dados”
MES	<i>Manufacturing Execution System</i>	Sistema de execução da produção
MIS	<i>Management Information System</i>	Sistema de informações para o gerenciamento
MOLAP	<i>Multidimensional On-Line Analytical Processing</i>	OLAP multidimensional

MPS	<i>Master Planning Scheduling</i>	Programação-mestre da produção
MRP	<i>Material Requirements Planning</i>	Planejamento das necessidades de materiais
MRP II	<i>Manufacturing Resource Planning</i>	Planejamento dos recursos de manufatura
OLAP	<i>On Line Analytical Processing</i>	Processamento de análises <i>on-line</i>
OLTP	<i>On Line Transaction Process</i>	Processamento de transações de <i>on-line</i>
OPT	<i>Optimized Production Techniques</i>	Técnicas de Otimização da Produção
PDCA	<i>Plan, Do, Check and Act</i>	Planejar, executar, verificar e padronizar
PUR	<i>Purchasing</i>	Controle de compras
RCCP		Cálculo grosso de necessidade de capacidade
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>	Identificação via freqüência de rádio
ROI	<i>Return Of Investment</i>	Retorno sobre o investimento
ROLAP	<i>Relational On-Line Analytical Processing</i>	OLAP relacional
S&OP	<i>Sales & Operations Planning</i>	Planejamento de vendas e operações
SC	<i>Supply Chain</i>	Cadeia de suprimentos
SCADA	<i>Supervisory Control And Data Acquisition</i>	Supervisor de controle e aquisição de dados
SCM	<i>Supply Chain Management</i>	Gestão da cadeia de suprimentos
SFC	<i>Shop Floor Control</i>	Controle de fábrica
SQL	<i>Structured Query Language</i>	Linguagem de consulta estruturada
TQM	<i>Total Quality Management</i>	Gerenciamento da Qualidade Total
UK	<i>United Kingdom</i>	Reino Unido
WOLAP	<i>Web OLAP</i>	OLAP via Internet

Sigla	Português	Inglês (tradução livre)
CLP	Controlador Lógico Programável	<i>Programmable logic controller</i>
FCS	Fatores Chave de Sucesso	<i>Key success factor</i>
MOD	Mão-de-Obra Direta	<i>Direct Labour</i>
PCP	Planejamento e Controle da Produção	<i>Production planning and control</i>
PPM	Peças por Milhão	<i>Parts per million</i>
SAD	Sistema de Apoio à Decisão	<i>Decision Support System</i>
SI	Sistema de Informações	<i>Information System</i>
SMD	Sistema de Medição de Desempenho	<i>Performance measurement system</i>
TI	Tecnologia da Informação	<i>Information Technology</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
1.1. JUSTIFICATIVAS PARA O TRABALHO	21
1.2. O OBJETIVO DA PESQUISA	23
1.3. ESCOPO	24
1.4. ESTRUTURAÇÃO DA PESQUISA	25
2. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO	27
2.1. INTEGRAÇÃO	29
2.2. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO PARA MANUFATURA	31
2.2.1. <i>ENTERPRISE RESOURCE PLANNING (ERP)</i>	32
2.2.2. <i>SUPPLY CHAIN MANAGEMENT (SCM)</i>	36
2.2.3. <i>MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM (MES)</i>	37
2.3. SISTEMAS DE MEDIÇÃO DE DESEMPENHO (SMD)	39
2.3.1. SELEÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO	42
2.3.2. <i>BALANCED SCORECARD (BSC)</i>	45
2.4. A QUALIDADE DA INFORMAÇÃO	47
2.4.1. COLETA DE DADOS	51
2.5. DADOS, INFORMAÇÕES E CONHECIMENTO	54
2.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
3. SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO E <i>BUSINESS INTELLIGENCE</i>	59
3.1. <i>EXECUTIVE INFORMATION SYSTEM (EIS)</i>	63
3.2. <i>DATA WAREHOUSE</i>	65
3.2.1. FASES DE DESENVOLVIMENTO DO <i>DATA WAREHOUSE</i>	67
3.2.2. INTEGRAÇÃO DOS DADOS	69
3.2.3. METADADOS	71
3.2.4. ESQUEMA ESTRELA DE BANCO DE DADOS	71

3.2.4.1. SNOWFLAKE	74
3.2.5. APLICAÇÕES DO <i>DATA WAREHOUSE</i>	75
3.2.6. <i>DATA MART</i>	76
3.3. OLAP	77
3.3.1. TIPOS DE SISTEMAS OLAP	78
3.3.2. <i>SLICE AND DICE, DRILL DOWN E DRILL UP</i>	80
3.4. DATA MINING	80
3.5. WEB WAREHOUSING	83
3.6. FATORES-CHAVE DE SUCESSO PARA INTRODUÇÃO DO BI	84
3.7. PROJETO-PILOTO E MODELAGEM	86
3.8. TRABALHOS CIENTÍFICOS ENVOLVENDO BI E/OU CHÃO-DE-FÁBRICA	88
3.9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	94
4. MODELANDO O BI NO CHÃO-DE-FÁBRICA	96
4.1. METODOLOGIA DE PESQUISA CIENTÍFICA	96
4.1.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.	97
4.1.2. COLETA, ANÁLISE E PROCESSAMENTO DE DADOS	98
4.1.3. FORMULAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	99
4.1.4. CONCLUSÕES DA PESQUISA	99
4.1.5. ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO	100
4.2. CARACTERÍSTICAS DO CHÃO-DE-FÁBRICA	100
4.3. O MODELO PROPOSTO	105
4.3.1. TABELA DE FATO PRODUÇÃO	116
4.3.2. TABELA DE FATO QUALIDADE	117
4.3.3. TABELA DE FATO HORAS PERDA	119
4.3.4. TABELA DE FATO EVENTOS	120
4.3.5. TABELAS DE DIMENSÃO .	121
4.3.6. APLICAÇÕES	123
4.4. USO DO BANCO DE DADOS DO <i>DATA WAREHOUSE</i> X OLTP	126
4.5. COLETA DE DADOS.	127

4.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	130
5. IMPLEMENTAÇÃO DE UMA SITUAÇÃO EM PARTICULAR	132
5.1. IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO	132
5.2. PROCESSO DE INTEGRAÇÃO DOS DADOS PARA DENTRO DO <i>DATA WAREHOUSE</i>	136
5.3. USO DA FERRAMENTA ANALYSIS SERVICES DA <i>SUITE MICROSOFT SQL SERVER 2000</i>	139
5.4. EXEMPLOS DE ANÁLISES DE DADOS	142
5.4.1. CUBO DE PRODUÇÃO.	143
5.4.1.1. INTEGRAÇÃO COM MICROSOFT EXCEL	148
5.4.2. CUBO DE QUALIDADE	150
5.4.3. CUBO DE HORAS-PERDA	157
5.4.4. CUBO DE EVENTOS	159
5.4.5. CUBO VIRTUAL PRODUÇÃO, QUALIDADE E HORAS-PERDA	162
5.5. APLICAÇÃO DE <i>DATA MINING</i>	163
6. CONCLUSÃO	168
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	174

Capítulo 1

Introdução

Uma empresa de manufatura voltada à produção de bens de consumo como veículos, eletroeletrônicos e utilidades domésticas, é composta de diversas áreas que possuem funções específicas, e é por meio do trabalho destas áreas em conjunto que a empresa obtém o seu produto final. Dentre elas, podem ser citadas as áreas Comercial, Financeira, Engenharia Industrial e Produtos, Manutenção e Produção. A área de Produção, por sua vez, é onde o produto final ou partes deste são obtidos, seja por meio da montagem de subconjuntos seja por meio da transformação da matéria-prima. A área de Produção, dentro das fábricas, freqüentemente também é chamada de chão-de-fábrica, e este será o termo adotado neste trabalho.

O surgimento das fábricas e, consequentemente, do chão-de-fábrica, teve seu início com a Revolução Industrial (1780-1914), quando se alterou o regime de produção artesanal para o regime de produção feito por meio de máquinas, dentro de grandes fábricas. Esta modificação foi provocada pela transferência da habilidade de fabricação do artesão para a máquina, e pela substituição da força animal ou humana pela força muito superior da máquina a vapor. Ambos os aspectos permitiram produzir com maior rapidez, maior quantidade e maior padronização, resultando numa redução no custo da produção. Ao longo desta transformação, os proprietários das pequenas oficinas foram obrigados, devido à concorrência, a trabalhar para os proprietários de oficinas maiores, que por sua vez foram se fundindo até dar origem às grandes fábricas (CHIAVENATO, 1983).

No início, o chão-de-fábrica caracterizava-se por ser uma área hostil, com altos índices de acidentes e que se beneficiava do uso abusivo do trabalho humano

(HUBERMAN, 1986). Nessa época, a preocupação estava mais voltada para o volume de fabricação do que para a qualificação ou satisfação dos trabalhadores. A qualidade do produto e a preocupação com o cliente também eram negligenciadas, embora tenha havido um ganho função da mecanização e da padronização. Chiavenato (1983) explica que, por meio das fábricas e com a divisão das tarefas, o conhecimento sobre o produto final foi separado daquele que o produzia e, com isso, o sentimento de estar produzindo e contribuindo para o bem da sociedade apagou-se da mente do operário.

Hoje, no entanto, mais de um século após o início desta transformação, quando se fala em chão-de-fábrica é comum encontrar-se empresas onde este seja organizado, limpo e seguro, fruto de grandes investimentos em infra-estrutura, automação e treinamentos. Nessas empresas, o chão-de-fábrica transformou-se numa área estratégica, por meio da qual é possível atender e satisfazer as necessidades do cliente em termos de qualidade, preço e prazo. Nelas, o atual chão-de-fábrica passou a exigir profissionais qualificados para trabalhar com equipamentos complexos e atender as expectativas dos clientes. Estes profissionais, hoje, devem estar aptos a realizar melhorias contínuas e manter uma postura voltada à satisfação do cliente.

Dentro desse novo cenário, é gerada uma grande quantidade de dados provenientes dos controles do processo produtivo, relacionados à qualidade, produção, horas-perda, máquinas, materiais, produtos, células, equipes, funcionários, dentre outros. No entanto, após o uso imediato ou de curto prazo desses dados, muitas empresas não sabem o que fazer com eles, desconhecendo sua importante utilidade como matéria-prima para a geração de informações úteis à gestão do negócio. Esses dados, por sua vez, têm pouca utilidade em seu estado bruto, e, por isso, precisam ser tratados e interpretados para que deles seja possível tirar informações relevantes. Consciente desse cenário e da importância para as empresas em possuir um adequado Sistema de Medição de Desempenho (SMD), é possível obter, a partir desses dados, um bom conjunto de indicadores de desempenho para o chão-de-fábrica. Para tal, os dados precisam ser modelados em sistemas especialmente

projetados para esta função. Atualmente existem diversas ferramentas específicas para tal fim e disponíveis comercialmente, fornecidas por empresas do mundo da tecnologia da informação como Cognos, Microstrategy, Oracle, Seagate e Microsoft, que oferecem software que podem ser ajustados às necessidades de cada empresa. Essas ferramentas vêm sendo tratadas como Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) ou *Business Intelligence* (BI), dos quais, o segundo termo é o que vem ganhando mais espaço ultimamente.

Os sistemas de SAD ou BI e suas ferramentas - *Data Warehouse*, OLAP (*On Line Analytical Processing*) e *Data Mining* – modelados para fornecer os indicadores de desempenho adequados, poderão auxiliar o gerente do chão-de-fábrica a tomar melhores decisões suportados por informações de melhor qualidade. Esses sistemas não têm a intenção de eliminar o “tomador de decisões” por meio da absorção de todo o seu conhecimento, mas sim de auxiliá-lo por meio da provisão de informações rápidas e seguras a respeito do seu negócio. Os SAD/BI, desta forma, não descartam a necessidade de o gerente ser capaz de interpretar as informações, normalmente específicas de uma determinada área de conhecimento.

1.1. Justificativas para o trabalho

No meio empresarial poucas organizações escapam das mudanças, sejam elas direcionadas pelo processo natural de evolução, sejam puxadas por algum programa de gestão e melhoria, tais como Qualidade Total, Reengenharia, *Downsizing*, ISO 9000, ISO 14000, *Lean Manufacturing*, Engenharia Simultânea, *Balanced Scorecard* (BSC), entre outros. Reduzir custos, superar as expectativas dos clientes, satisfazer os acionistas, lançar novos produtos, melhorar a qualidade e a produtividade, motivar as equipes e eliminar desperdícios são parâmetros de desempenho que as empresas perseguem

constantemente, porém nem todas conseguem alcançá-los. Para atingi-los, as mudanças são inevitáveis e, a cada dia que passa, precisam ser mais rápidas. Neste sentido, o uso de ferramentas e programas que auxiliem nos processos de mudança têm como intenção reduzir os riscos de fracassos.

Os Diagramas de Pareto, Histogramas, Seis Sigma, PDCA (*Plan, Do, Check and Act*), FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) são ferramentas de coordenação e suporte a programas de melhorias amplamente utilizadas nas empresas. No entanto, quando do uso dessas ferramentas, os coordenadores de tais projetos enfrentam, como um dos primeiros obstáculos, a dificuldade de obtenção de dados e informações para balizar o seu trabalho, principalmente dados e informações históricas. A situação piora um pouco mais quando o horizonte de tempo desejado ultrapassa um ano, pois, normalmente, as bases de dados nas empresas se mantêm acessíveis apenas no último ano. Muitas vezes, a situação se repete quando se deseja obter dados e informações com a finalidade de avaliar qual foi ou está sendo o resultado obtido durante ou após a introdução de uma melhoria. A dificuldade de acesso vem, por diversas vezes, comprometer e mesmo desestimular a análise dos problemas e possibilidades de melhoria. Isso leva os coordenadores de áreas ou de projetos a desistirem de fazer melhorias com fundamento em informações, deixando basicamente sua intuição coordenar suas ações. No entanto, Harding e Yu (1999) explicam que bons projetos, por definição, requerem considerável quantidade de informações, tal que consigam dar suporte para que os gerentes tomem decisões rapidamente e com segurança. Amaratunga e Baldry (2002), dizem que muitos gerentes têm sentido esta deficiência e, para supri-la, têm apoiado os projetos que tratam da medição do desempenho em suas organizações.

O que acontece no chão-de-fábrica é exatamente a mesma coisa: para que seu administrador possa conduzir melhor o seu dia-a-dia e realizar os aperfeiçoamentos necessários, é preciso melhorar a qualidade e o acesso às informações da área. Os sistemas de SAD/BI são, por sua vez, ferramentas que permitem gerar informações

relacionadas a indicadores de desempenho e que, uma vez modelados adequadamente, podem se tornar excelentes ferramentas de apoio aos gerentes. Neste trabalho, esses sistemas serão introduzidos no processo produtivo e modelados para que forneçam indicadores de desempenho apropriados para a área, mostrando que também lá são capazes de contribuir com o processo de tomada de decisão.

1.2. O objetivo da pesquisa

O objetivo desta pesquisa é desenvolver e implementar, por meio de um sistema informatizado, um modelo que contenha um conjunto de indicadores de desempenho específicos para o chão-de-fábrica. O modelo e o sistema devem utilizar-se dos dados gerados no processo produtivo e da tecnologia de sistemas de SAD/BI e, em conjunto, deverão atender aos seguintes requisitos:

- Ser uma ferramenta flexível, fácil de usar e que gere informações úteis para o administrador do chão-de-fábrica, auxiliando-o no processo de gestão e tomada de decisão;
- Ser capaz de trabalhar com dados contidos nos sistemas operacionais da empresa ou até mesmo com dados disponíveis em relatórios de papéis, este último com algumas limitações que serão discutidas, quando não houver um ERP instalado na empresa;
- Ser capaz de trabalhar integrado a um sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*), o que seria a situação ideal.

1.3. Escopo

A proposta deste trabalho é adequada para aplicação em empresas de manufatura de bens discretos, cuja diversidade de produtos, células de fabricação, máquinas e equipes seja grande. São empresas que normalmente praticam intenso controle sobre as ordens de fabricação, prazos de entrega, eficiência da mão-de-obra direta, horas-perda, defeitos e sucatas.

Quanto ao tamanho da empresa, não há restrições. Os indicadores de desempenho e o modelo de SAD/BI podem ser utilizados tanto por uma corporação inteira quanto por um único usuário. Quanto à infra-estrutura, esta dependerá basicamente do tamanho da aplicação. No caso de uma corporação, deve-se disponibilizar infra-estrutura de servidores, redes internas e externas e manutenção apropriadas, bem como um sistema de coleta de dados preferencialmente automatizado e integrado a um ERP, o que será discutido posteriormente neste trabalho. Já no caso de um único usuário, além de uma infra-estrutura mais modesta, pode-se lançar mão até do uso de apontamentos e alimentação manuais dos dados.

Não há limitações quanto ao tipo da organização do sistema produtivo, podendo ser do tipo job-shop ou flow-shop, trabalhando ou não com o conceito de lean manufacturing, desde que sejam realizados os controles e apontamentos das ordens de fabricação, volumes de produção, defeitos, sucatas e horas-perda em função das células, máquinas, turnos, produtos e equipes utilizados no processo produtivo.

1.4. Estruturação da pesquisa

A presente pesquisa está dividida em seis capítulos que abordam e discutem o tema da seguinte forma:

- Capítulo 1 – Introdução: Neste capítulo, é feita a apresentação do trabalho, relatada a justificativa para sua execução, seus objetivos e seu escopo, além de uma breve apresentação do conteúdo de cada capítulo;
- Capítulo 2 – Sistemas de Informação: Este capítulo mostra como funciona e do que é composto um sistema de informações industrial, com ênfase na integração dos sistemas de informação, nos sistemas ERP e SCM (*Supply Chain Management*) e na utilização e definição de indicadores de desempenho e Sistemas de Medição de Desempenho. Também são discutidos neste capítulo a qualidade da informação, como melhorá-la e os termos “dado, informação e conhecimento”, que muitas vezes são tratados como sinônimos;
- Capítulo 3 – Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) e *Business Intelligence* (BI): Uma vez que a proposta da tese sugere o uso de ferramentas SAD/BI, torna-se necessário abordar mais profundamente o assunto. Assim, neste capítulo, descreve-se o que é um SAD/BI e quais são suas diferenças em relação aos sistemas operacionais das empresas. Também são descritas as novas ferramentas para a construção dos BI: o *Data Warehouse*, o OLAP, o *Data Mining* e o *Web Warehousing* e são apresentados os principais fatores-chave de sucesso para a implementação de um BI. Por fim, é feito um levantamento dos trabalhos científicos semelhantes ao desta tese;
- Capítulo 4 – Modelando o BI no chão-de-fábrica: No início deste capítulo é apresentado o método de pesquisa científica que foi adotado para a condução desta pesquisa, e, na sua sequência, é desenvolvido o modelo de BI proposto. Para a elaboração deste modelo, foram definidos neste capítulo os indicadores de desempenho adequados e foram aplicados os conceitos para o desenvolvimento do BI, conforme estudado nos capítulos anteriores e com vistas a resolver os problemas levantados no planejamento da pesquisa. Aqui é proposto um modelo para a implantação do referido sistema por meio da construção de um *Data Warehouse* em conjunto com um OLAP, preparando-o

para um *Data Mining*, que, por sua vez, resultarão nos indicadores de desempenho propostos;

- Capítulo 5 – Implementação de uma situação em particular: Com base no modelo elaborado no Capítulo 4, neste capítulo é desenvolvido e testado o modelo numa situação real. Vários exemplos de análises são apresentados e discutidos, bem como possíveis ações a serem tomadas em cada um dos exemplos. Para tal, é utilizado o *software Analysis Services*, pertencente ao banco de dados Microsoft SQL Server™ 2000 Enterprise Edition, da Microsoft®, que possui como uma de suas vantagens a sua integração natural com o Excel™, deixando a ferramenta mais flexível e fácil de operar;
- Capítulo 6 – Conclusão: Aqui são apresentadas as conclusões sobre a proposta defendida, as viabilidades e inviabilidades e sugestões para trabalhos futuros;
- Referências Bibliográficas: Nesta seção é apresentada uma relação completa dos autores referidos no trabalho.

Capítulo 2

Sistemas de Informação

Toda empresa possui um Sistema de Informações (SI), que, de caso para caso, pode ser mais ou menos informatizado, automatizado ou ainda formalizado, mas o fato é que existe. Pode-se dizer que todas as atividades da organização são movidas por este SI, seja para controlar seus processos internos - manufatura, contabilidade, custos, logística, comercial, projeto - seja para relacionar-se com a sociedade, clientes e fornecedores. Sistemas de PCP (Planejamento e Controle da Produção), Contas a Pagar, Contas a Receber, Projeto de Produtos, Folhas de Pagamento, Previsão de Vendas, Planos de Manutenção, entre outros, são sistemas básicos para o funcionamento de uma empresa e que compõem o seu SI. Desta maneira, pode-se afirmar então que o sucesso de uma organização está fortemente ligado ao desempenho do seu SI, pois o suprimento de informações erradas, imprecisas ou fora de prazo poderá resultar em ações inadequadas e comprometedoras.

O papel do SI sofreu uma mudança dramática ao longo das últimas três décadas, passando de uma passiva ferramenta de automação ou argumentação, para um dispositivo estratégico e competitivo de transformação de estruturas organizacionais, afirmam Lee e Kim (1996). Hoje os processos operacionais e os SI estão tão firmemente integrados que é quase impossível realizar melhorias nos processos operacionais sem o devido suporte dos SI, complementam os autores. Sistemas estratégicos são essenciais para que a empresa ganhe vantagem competitiva e atinja seus objetivos, dizem Min; Suh; Kim (1999), porém, explicam os autores, para que um sistema seja chamado de estratégico, ele deve provocar mudanças significativas no desempenho do negócio, na forma como a empresa age para atingir seus objetivos, na forma como ela realiza seus negócios, na forma como compete e

na forma como negocia com seus clientes e fornecedores. Em alguns setores, particularmente os de serviços financeiros, os sistemas de informação têm revolucionado a maneira como o negócio é conduzido (AVISON; CUTHBERTSON; POWELL, 1999). Esta revolução pode ser sentida por meio dos atuais sistemas de transações via Internet, terminais de auto-atendimento, sistemas para análise e liberação de crédito, simuladores, sistemas de relacionamento com o cliente entre outros.

Hoje é imprescindível que o SI seja flexível e integrado. A flexibilidade deve existir no sentido de permitir a inclusão de novos processos e produtos e a edição dos existentes, sem, no entanto, comprometer o desempenho daquilo que está em funcionamento. A integração, por sua vez, deve envolver todas as áreas da organização, da produção à comercialização, canalizando as informações essenciais para todos os níveis que delas necessitem, levando todas as áreas a um melhor desempenho. Esse enfoque é diferente do que se verificava anteriormente, quando a melhoria era buscada apenas no nível individual da tarefa ou da máquina (SHUNK; FILLEY, 1986).

Para que o SI ganhe adeptos, olhando pelo lado do usuário, ele deve ser confiável, eficiente, amigável e fácil, detectaram Robbins; Kapur; Berry (1984). Associado a tudo isso, é necessário levar-se em consideração que cada empresa possui características, princípios e filosofias próprias em termos de arranjo, processamento e distribuição das informações, assim como possui características únicas com relação a volume, preço, variedade e complexidade, o que cria diferentes e diversas necessidades de informações. Assim, somadas todas essas exigências, a tarefa de desenvolver e implantar um SI de sucesso tornou-se um grande desafio.

Ao se propor um conjunto de indicadores de desempenho modelados em um sistema de SAD/BI para o chão-de-fábrica, que é o caso desta tese, cuidados devem ser tomados de forma que o novo componente que passará a integrar o SI da empresa se

enquadre às exigências citadas anteriormente e se mantenha em harmonia com o SI em operação, seja ele qual for, senão o projeto estará fadado a fracassar.

2.1. Integração

Integração é um processo de ligar as partes para produzir um todo, dizem Burbidge et al. (1987). Assim, ela pode ser vista como um processo que produz sinergia, em que a vantagem obtida pelo conjunto integrado é muito maior que a soma das vantagens obtidas por cada parte isolada. A integração, da mesma forma que a simplificação, está preocupada com a eliminação da variedade desnecessária. Para Bititci (1995), integração significa ter todas as funções de um negócio trabalhando em conjunto e em direção a uma meta em comum, usando objetivos claramente definidos, benchmarks, disciplinas, controles e sistemas de uma forma eficiente e efetiva, buscando maximizar o valor agregado e minimizar as perdas.

Menos de 20% das informações corporativas estão diretamente disponíveis aos usuários finais, e os 80% que não estão disponíveis diretamente ficam restritos por dois motivos: conflitos de definição e diversidade tecnológica, conforme foi estudado por Stábile e Cazarini (2000). Os autores explicam que isso ocorre porque, ao longo dos anos, dentro das organizações, vários sistemas de informação são desenvolvidos individualmente, e cada um deles possui seus próprios dados. Pelo fato de esses sistemas não estarem integrados, eles acabam formando “ilhas de informação”, sem ligações umas com as outras. Dessa forma, as informações ficam espalhadas pelos departamentos e em várias versões. Neste ambiente, algumas informações acabam ficando redundantes por encontrarem-se em vários locais, enquanto outras ficam escassas, por se concentrarem nas mãos de poucos.

Shunk e Filley (1986), descreveram cinco pré-requisitos que devem ser seguidos para se introduzir com sucesso a integração dos sistemas dentro da organização. Embora quase duas décadas tenham se passado, estes pré-requisitos ainda podem ser considerados uma boa referência. Veja-se a seguir:

1. Admita que a integração entre os sistemas é necessária;
2. Comece devagar, mas seja severo e rígido. Não tente fazer mudanças do dia para a noite. Desenvolva um plano para alcançar alguns objetivos e comece com projetos simples e pequenas mudanças, com o objetivo de deixar "marcas de sucesso";
3. Admita que pessoas, não tecnologias, são a chave para o sucesso. Não se pode dizer que a falta de tecnologia é motivo para reter a integração dos sistemas, no entanto é importante valorizar as pessoas, que são as reais chaves para o sucesso;
4. Faça a integração dos sistemas com grupos de esforços interdisciplinares;
5. Admita que sistemas de integração requerem estratégias, não táticas de administração. Não é possível comprar sistemas integrados, é necessário montá-los. A decisão para adotar integração de sistemas como um método de operação deve ser tomada pela alta administração da empresa.

Das afirmações acima, apenas a quinta é um pouco questionável, uma vez que os sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) oferecidos comercialmente prometem tal integração.

2.2. Sistemas de informação para manufatura

É pelo menos arriscado, senão errado, citar hoje um SI geral ou único para qualquer atividade, pois, além da enorme quantidade de empresas que desenvolvem soluções comercialmente, os desenvolvimentos não param, trazendo novos recursos e abrangências crescentes a cada dia. No entanto, a busca pela integração e flexibilidade, já citadas, são pontos em comum entre todas as ferramentas. Pode-se dizer que os SI desenvolvidos hoje buscam colocar dentro de um único sistema todas as informações relativas a todas as áreas e unidades da empresa, seus clientes, seus fornecedores e inclusive a Web.

Com o objetivo de mostrar como se dá o fluxo de dados e informações, a figura 2.1 apresenta um modelo de um SI voltado para uma empresa de manufatura. Neste modelo, observa-se que o ERP está no centro das operações, cuidando de todos os processos operacionais da empresa. O ERP, durante seu funcionamento, alimenta os bancos de dados operacionais, que, por sua vez, servirão de fonte de dados para o Data Warehouse. No entanto, antes de serem colocados para dentro do Data Warehouse, os dados devem passar por um processo de integração, conforme será descrito no Capítulo 3. Uma vez carregados os dados para dentro do Data Warehouse, podem-se aplicar ferramentas OLAP e Data Mining para a obtenção de informações, estruturando assim o ambiente de Business Intelligence (BI). Do lado esquerdo, também se comunicando com o ERP, está o SCM (Supply Chain Management), outro elemento importante dentro dos atuais sistemas integrados. A figura 2.1, que integra ERP, SCM e BI, vai ao encontro da afirmação de Carlsson e Turban (2002), que dizem que está crescendo o reconhecimento de que o BI está se tornando um componente necessário à chamada segunda geração dos sistemas ERP. Esta segunda geração, conforme os autores, reconhece a necessidade de o SI dar suporte não apenas ao processamento de transações operacionais, mas também ao processamento de análises.

Embora no SI da figura 2.1 não seja mencionada a integração com a Web, vale ressaltar que a tecnologia para esta integração já está disponível nos sistemas ERP mais populares e inclusive nos BI, como será visto mais à frente e também no Capítulo 3, no item 3.5, Web Warehousing.

Uma melhor abordagem sobre os elementos Data Warehouse, Metadados, OLAP, Fonte de Dados Operacionais e Data Mining, presentes na figura 2.1, será apresentada no Capítulo 3, enquanto que os elementos ERP e SCM serão apresentados na seqüência.

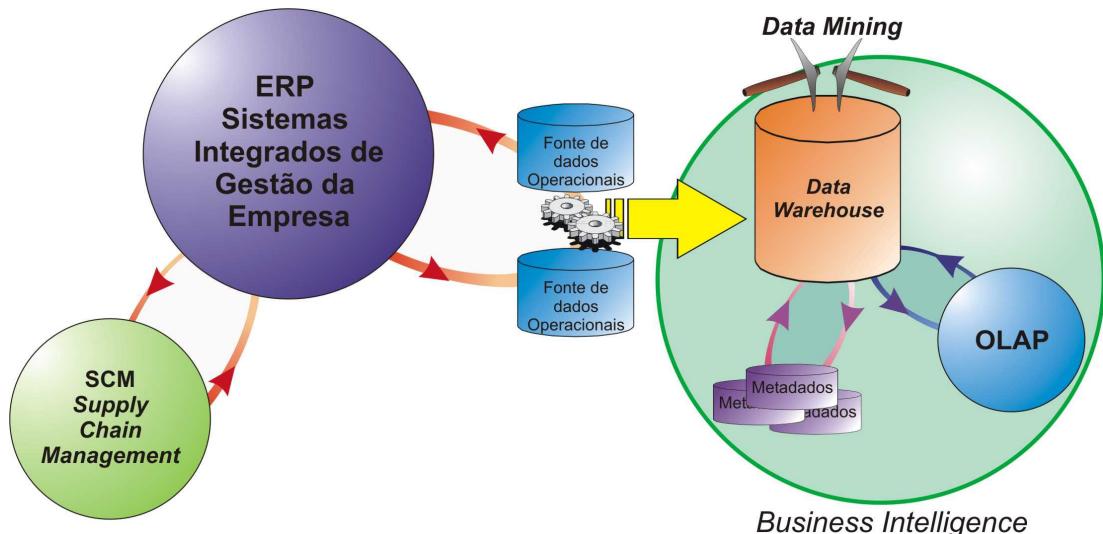


Figura 2.1. SI integrado de manufatura e o fluxo de dados e informações.

2.2.1. *Enterprise Resource Planning (ERP)*

O ERP, que numa tradução livre pode significar Planejamento de Recursos da Corporação, é uma evolução do sistema MRP (*Material Requirements Planning – Planejamento das Necessidades de Materiais*) e do sistema MRP II (*Manufacturing Resource Planning – Planejamento dos Recursos de Manufatura*). Um dos objetivos do ERP é manter as informações de toda a empresa dentro de um único sistema de informações,

eliminando assim a dificuldade de se obter informações consolidadas e a inconsistência de dados redundantes armazenados em mais de um sistema (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2001).

Corrêa, Gianesi e Caon (2001) explicam que ao MRP, responsável pelo planejamento das necessidades de materiais, foram agregados os módulos de programação-mestre da produção (MPS), cálculo grosso de necessidade de capacidade (RCCP), cálculo detalhado de necessidade de capacidade (CRP), controle de fábrica (SFC), controle de compras (PUR) e *Sales & Operations Planning* (S&OP), ampliando a capacidade do sistema de fornecer informações sobre outros recursos da manufatura. O sistema recebeu então a denominação de MRP II. Com a intenção de melhorar ainda mais o suprimento de informações para outras áreas da empresa, outros módulos continuaram a ser agregados, de forma integrada, ao MRP II, como os de recebimento fiscal, de apoio à contabilidade, de recursos humanos, de manutenção, de distribuição física, entre outros, passando assim a ser denominado ERP, que, numa tradução mais adequada, pode ser chamado de Sistemas Integrados de Gestão. A figura 2.2 ilustra esta estrutura de sistemas no ERP, e a seta dentro da figura mostra sua evolução a partir do MRP.

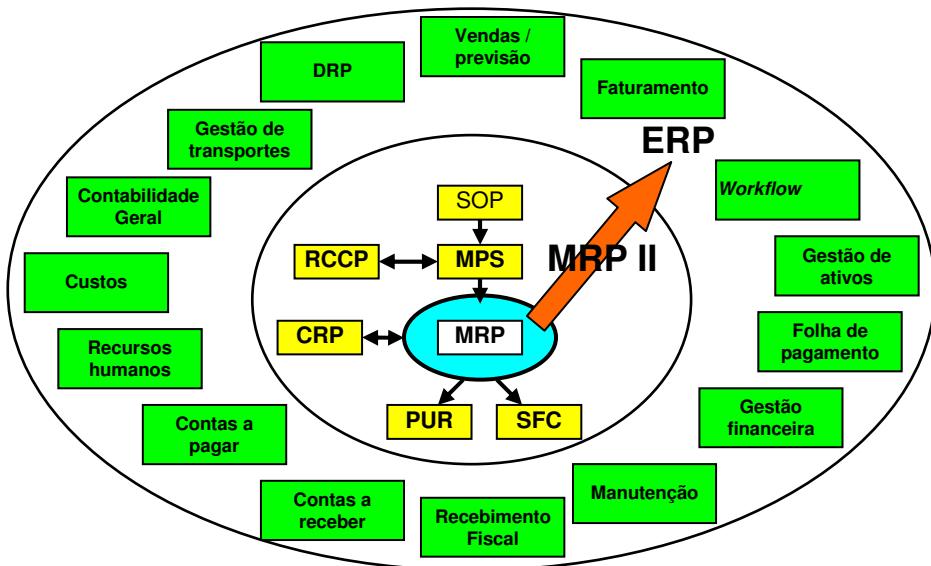


Figura 2.2. Estrutura conceitual dos sistemas ERP e sua evolução a partir do MRP

Fonte: Corrêa, GIANESI e Caon (2001, p. 400)

Para atender o objetivo de integração, os sistemas ERP são compostos por uma única base de dados que se comunica com os módulos que suportam as diversas atividades da empresa. Os dados de cada módulo são armazenados nesta base de dados central e são compartilhados pelos demais módulos. Dependendo da natureza da empresa onde o ERP está sendo aplicado, mais módulos, além dos já citados, podem ser incluídos, como Gerenciamento da Qualidade e Gerenciamento de Projetos, ou excluídos, caso não sejam necessários ou interessantes naquele momento. Desta forma, o ERP trabalha com módulos *plug-in*, que podem ser adicionados ou removidos conforme a conveniência da empresa. A escolha dos módulos que comporão o sistema deverá ser definida na fase de customização do sistema. Esteves e Pastor (1999), ressaltam que os ERP são projetos que não possuem data para acabar; pelo contrário, eles estão sempre em evolução e requerem um alto grau de alinhamento entre as estratégias do negócio, as tecnologias de sistemas de informação e os processos da organização.

Os principais benefícios proporcionados pelos sistemas ERP são a otimização do fluxo de informações, facilidade de acesso aos dados operacionais, maior consistência das

informações, adoção de melhores práticas de negócio suportadas pelas funcionalidades dos sistemas, que resultam em ganhos de produtividade e maior velocidade de resposta, complementam Zancul e Rozenfeld (1999). A figura 2.3 mostra como se dá o relacionamento entre os diversos módulos do ERP e a sua base de dados central, e mostra também sua capacidade de vir a integrar-se com a cadeia de fornecedores e clientes:

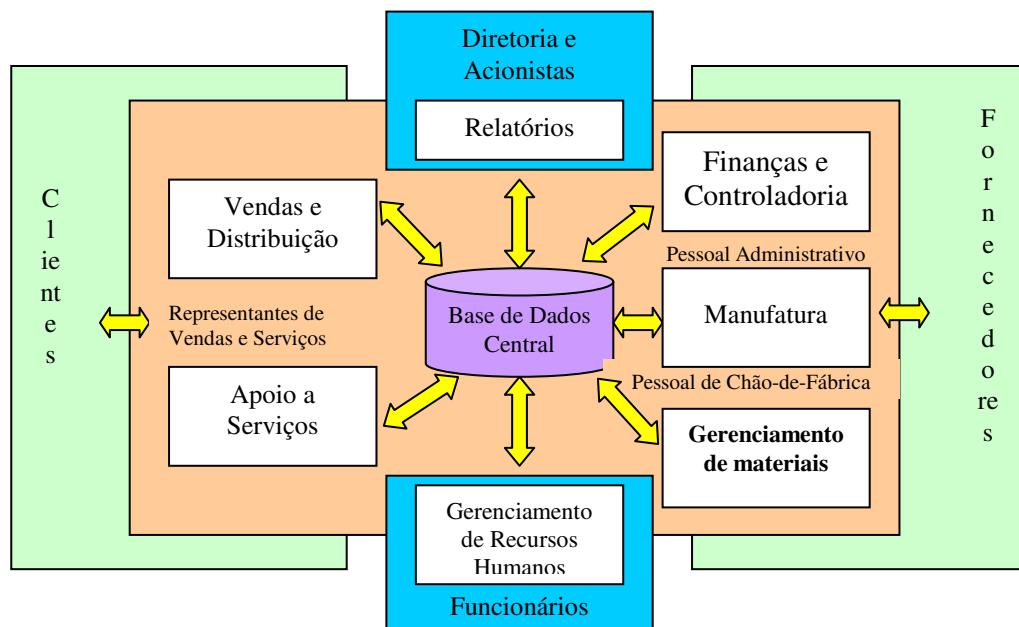


Figura 2.3. Estrutura de relacionamento do sistema ERP entre a sua base de dados central e seus módulos

Fonte: Davenport *apud* Zancul e Rozenfeld (1999, p.2)

Continuando o processo evolutivo do MRP, MRP II e ERP, já está disponível também o ERP II. Segundo Machado (2001), o ERP II, ao contrário do ERP, que controla apenas os processos internos da empresa, permite que a empresa acompanhe os negócios em toda a sua cadeia produtiva, desde os fornecedores até os clientes, todos ligados com tecnologia *Web*. Ou seja, o ERP II é o ERP incorporado à Internet.

2.2.2. Supply Chain Management (SCM)

Uma cadeia de suprimentos (SC – *Supply Chain*), conforme Pires (2004), é “uma rede de companhias autônomas ou semi-autônomas, que são efetivamente responsáveis pela obtenção, produção e liberação de um determinado produto e/ou serviço ao cliente final”. Uma SC, desta forma, “corresponde aos processos que envolvem fornecedores-clientes e ligam empresas desde a fonte inicial de matéria-prima até o ponto de consumo do produto acabado” (PIRES, 2004). Assim, os sistemas de SCM (*Supply Chain Management - Gestão da Cadeia de Suprimentos*) representam uma visão expandida, atualizada e, sobretudo, holística da administração de materiais tradicional, abrangendo a gestão de toda a cadeia produtiva de uma forma estratégica e integrada. Quando se diz toda a cadeia produtiva, incluem-se toda a cadeia de fornecedores, a fábrica montadora ou produtora, os distribuidores e os clientes.

O SCM resulta num modelo competitivo em que a disputa se dá entre “virtuais unidades de negócios”, ou seja, entre cadeias produtivas. Uma virtual unidade de negócios é formada pelo conjunto de unidades (normalmente empresas distintas) que compõem uma determinada cadeia produtiva. O modelo enfatiza que cada unidade virtual de negócios deve se preocupar com a competitividade do produto perante o consumidor final e com o desempenho da cadeia produtiva como um todo, o que levará a uma gestão integrada da cadeia produtiva e a um estreitamento nas relações entre as empresas da mesma unidade virtual (PIRES, 1999). A figura 2.4 ilustra este conceito de unidades virtuais e competição.

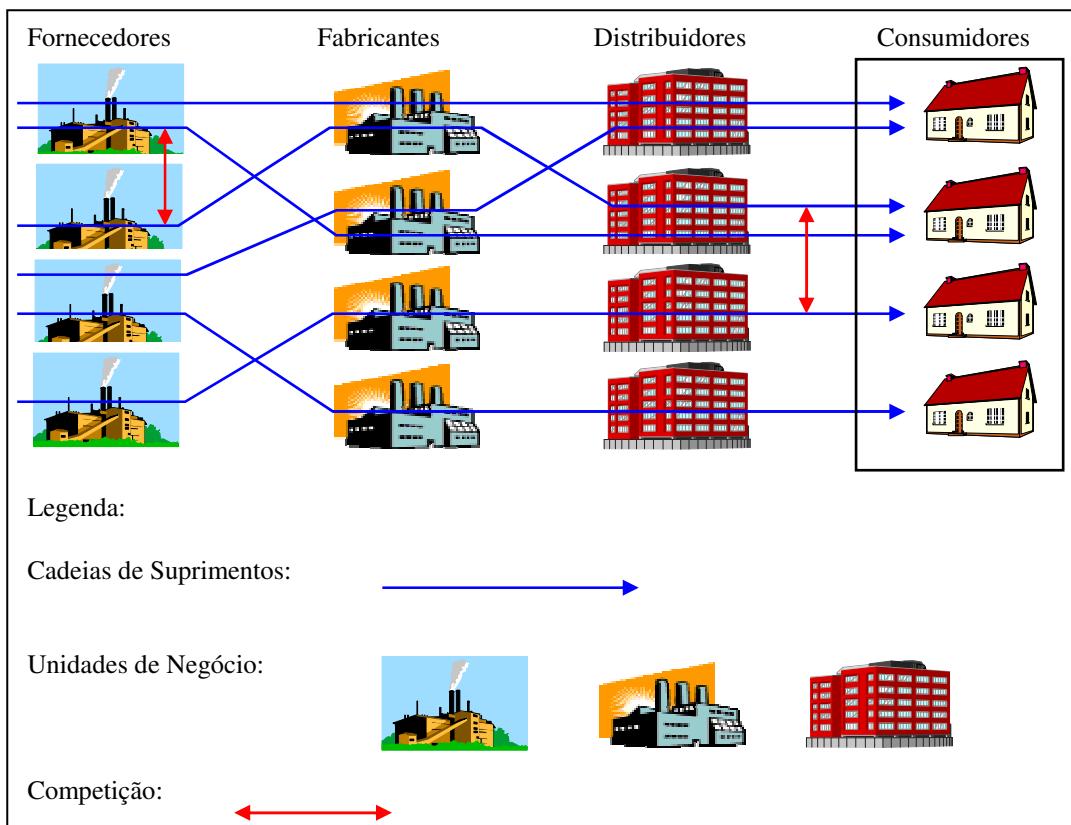


Figura 2.4. Competição entre “Virtuais Unidades de Negócio”

Fonte: Adaptado de Pires (1999)

Pires (1999) explica que um objetivo básico do SCM é maximizar e realizar as sinergias entre as partes da cadeia produtiva, beneficiando o consumidor final com mais eficiência, menores custos e maior valor agregado ao produto final.

2.2.3. ***Manufacturing Execution System (MES)***

O sistema MES, que em princípio pode estar dentro do próprio ERP, merece ser citado à parte, dada sua importância como um sistema de coleta e gerenciamento de dados, deixando-o estreitamente relacionado ao assunto central desta tese. Os sistemas MES

foram originalmente desenvolvidos para atuar como uma ferramenta de gerenciamento de ordens de produção e cargas de trabalho em máquinas. No entanto, com seu contínuo desenvolvimento e agregação de novas capacidades, os MES têm se tornado parte integrante da inteligência da empresa. Ele gerencia e registra os eventos do processo produtivo e suas logísticas através da extensa cadeia de valores, proporcionando uma fonte de informações a respeito do que está acontecendo praticamente em tempo real.

Os MES podem ser definidos como Sistemas de Execução e Controle de Chão-de-Fábrica, e são voltados para a melhoria de desempenho, complementando e aperfeiçoando os sistemas ERP e SCM. Conforme Corrêa, GIANESI e CAON (2001), o MES coleta e acumula informações daquilo que é realizado no chão-de-fábrica e as realimenta para o sistema de planejamento, fazendo assim a ligação entre o sistema de planejamento e a fábrica em si. De forma mais precisa, pode-se dizer que o MES trabalha como um guia de ordens de produção, um rastreador de trabalhos em execução, que gerencia e monitora os eventos e atividades da produção.

Conforme McClellan (2004), embora os componentes de um MES possam variar muito de empresa para empresa, eles podem ser divididos em duas categorias: as funções centrais e as funções de suporte. As funções centrais estão diretamente associadas ao gerenciamento do processo de produção e fazem parte da maioria dos pacotes vendidos no mercado. Os componentes das funções centrais são o Gerenciamento de Ordens, o Gerenciamento da Estação de Trabalho, o Rastreamento e Gerenciamento do Estoque, o Gerenciamento da Movimentação de Materiais, a Coleta de Dados e o Gerenciamento de Exceções. Já as funções de suporte podem ser compostas de Gerenciamento de Manutenção de Equipamentos de Produção, Controle de Prazos e Freqüência, Controle Estatístico do Processo e Análise dos Dados de Desempenho do Processo. Em tempo, esta relação de funções não esgota todas as funções disponíveis.

2.3. Sistemas de Medição de Desempenho

O uso de medidas de desempenho como elemento estratégico e, consequentemente, o seu controle são relativamente recentes, explicam Nagai *et al.* (2001). Conforme os autores, embora as empresas já venham medindo a qualidade, eficiência, produtividade e tempos de seus processos, produtos e serviços há muito tempo, as novas abordagens para medição do desempenho procuram determinar o que deve realmente ser medido, a fim de entender e melhorar o trabalho no dia-a-dia. Esta nova abordagem possui sua própria linha de estudos, os chamados Sistemas de Medição de Desempenho (SMD). A medição de desempenho é um assunto de crescente interesse tanto no meio acadêmico quanto no profissional. Segundo Neely (1999), esta recente busca pelo aprimoramento nos Sistemas de Medição de Desempenho se deve aos seguintes fatores:

- Mudança na natureza do trabalho: A participação do custo da mão-de-obra direta no custo do produto final reduziu-se ao longo dos anos;
- Aumento da competição: Ocorreu nos últimos anos, inclusive de forma global, um aumento da competição;
- Iniciativas de melhorias específicas: Em resposta ao aumento da competição, muitas empresas buscaram ajuda em programas de melhoria como Qualidade Total, *Lean Manufacturing*, ferramentas estatísticas de controle da qualidade entre outros, os quais têm sua implementação e condução apoiadas por indicadores de desempenho;
- Prêmios nacionais e internacionais de Qualidade: Estes prêmios visam incentivar as empresas a buscarem melhores níveis de qualidade. Os mais conhecidos destes prêmios são o Prêmio Deming, o Malcolm Baldrige National Quality Award (EUA) e o European Foundation for Quality Management (EFQM) na Europa;
- Mudança de papéis organizacionais: A participação de funcionários de setores diversos foi estimulada, de forma a que fossem definidas medidas de desempenho mais equilibradas e diversificadas, e assim, pudessem fornecer

informações sobre a dinâmica do negócio, e não apenas informações financeiras;

- Mudança de demandas externas: As empresas atualmente devem prestar contas também aos órgãos externos como governos, sociedade, acionistas e investidores em geral, e, para tal, devem monitorar indicadores relacionados a estas demandas;
- O poder da tecnologia da informação: Com a crescente evolução da tecnologia da informação, tem ficado mais fácil capturar, divulgar, analisar e apresentar informações.

De acordo com Bititci, Carrie e Mcdevitt (1997), é por meio do processo de gerenciamento de desempenho que as empresas administram seus resultados, visando mantê-los alinhados com suas estratégias funcionais e corporativas e com seus objetivos. Quando os processos críticos do negócio são integrados e avaliados por indicadores de desempenho, os objetivos estratégicos e as vantagens competitivas podem ser alcançados com mais facilidade. Esse mecanismo visa fornecer um sistema de controle pró-ativo em que as estratégias corporativa e funcional são desdobradas para todos os processos do negócio, atividades, tarefas e pessoas. Com o uso de um sistema de medição de desempenho, os administradores poderão obter o *feedback* necessário para tomarem suas decisões, apoiados em informações adequadas. Na essência, complementam Bititci; Carrie e Mcdevitt (1997), o processo de gestão de desempenho define como uma organização vai utilizar seus vários sistemas para administrar seu desempenho.

Conforme comentado por Neely (1998), não é apenas por meio da medição do desempenho que determinado processo irá melhorar, porém ela proporciona efeitos benéficos para as organizações à medida que as prioridades forem sendo comunicadas e os resultados medidos, tornando o progresso explícito.

Conforme Kaydos (1991), as metas de se realizar a medição do desempenho são:

- Comunicar a estratégia;
- Esclarecer os valores;
- Diagnosticar problemas;
- Entender processos;
- Definir responsabilidades;
- Envolver pessoas;
- Fazer parte ativa da remuneração funcional;
- Melhorar o controle e o planejamento;
- Identificar ações de melhoria;
- Mudar comportamentos;
- Tornar possível a visualização de resultados e
- Facilitar a delegação de responsabilidades.

Para Neely et al. (1994), a medição de desempenho pode ser utilizada para influenciar o ambiente e é vista como parte integral do ciclo estratégico de controle. Desta forma, a medição de desempenho se tornou num importante instrumento para auxiliar nas seguintes atividades (NEELY et al., 1994, AMARATUNGA e BALDRY, 2002 e BUOSI, 2004):

- Ajudar os gerentes a avaliar o desempenho da organização;
- Ajudar a identificar os pontos fortes e os fracos da organização e a direcionar ações que visem à melhoria de desempenho da organização;
- Obter parâmetros confiáveis para a comparação entre empresas e setores da empresa;
- Propiciar mecanismos para a introdução de estratégias individuais e metas de melhoria;
- Informar ao corpo gerencial quando intervir em função da deterioração da performance do negócio;
- Auxiliar o processo de implementação e gerenciamento das melhorias e mudanças.

Compondo o SI da empresa como um todo, é fundamental que os indicadores de desempenho também devam estar integrados dentro de um sistema único, dizem Nagai *et al.* (2001), envolvendo informações de diversos departamentos e processos, de modo a fornecer o nível necessário de dados em termos de acuracidade e confiabilidade. A necessidade de integração é reforçada por Bititci, Carrie, Mcdevitt, (1997), que afirmam que os SMD devem ter a capacidade de promover a integração entre as várias áreas do negócio, sendo isso um dos seus fatores críticos. Neely (1999), também faz críticas a este tipo de falha e diz que a falta de integração com os demais processos é freqüente em várias organizações.

2.3.1. Seleção dos Indicadores de Desempenho

Apesar da aparente simplicidade, definir como o desempenho do negócio pode ser medida é algo complicado, explica Neely (1999). Os motivos é que nem sempre está óbvio quais são os medidores que a empresa deve adotar e também porque é difícil saber quais serão as medidas mais relevantes para a empresa ao longo do tempo. Ao configurar os indicadores de desempenho, também devem ser resolvidas questões de como coletar os dados, com que periodicidade e qual destino dar a eles, além de resolver conflitos entre os vários indicadores, considerando medidas internas e externas à organização, complementam Nagai *et al.* (2001).

A sugestão de Neely e Bourne (2000), para a condução de um bom projeto de sistema de medição de desempenho é começar com um mapa de relacionamento da organização. O mapa de relacionamento, conforme os autores, é um esquema de causa-e-efeito que explica a estratégia da organização e a teoria gerencial sobre como o negócio opera. O mapa de relacionamento, conforme o exemplo da figura 2.5, expõe explicitamente

as alavancas que os gerentes podem puxar e quais são os impactos resultantes destes acionamentos na performance do negócio. Uma vez que o mapa tenha sido descrito, então este torna possível identificar os corretos indicadores de desempenho. Os autores dão ainda uma dica para quando for projetar o SMD: medir o mínimo possível, mas garantindo que você está medindo as coisas que interessam. O excesso de informações, em forma de relatórios e gráficos, dificultará a análise por parte do gerente, o que resultará num sistema que, ou não é consultado ou, quando o é, não direciona às ações necessárias.

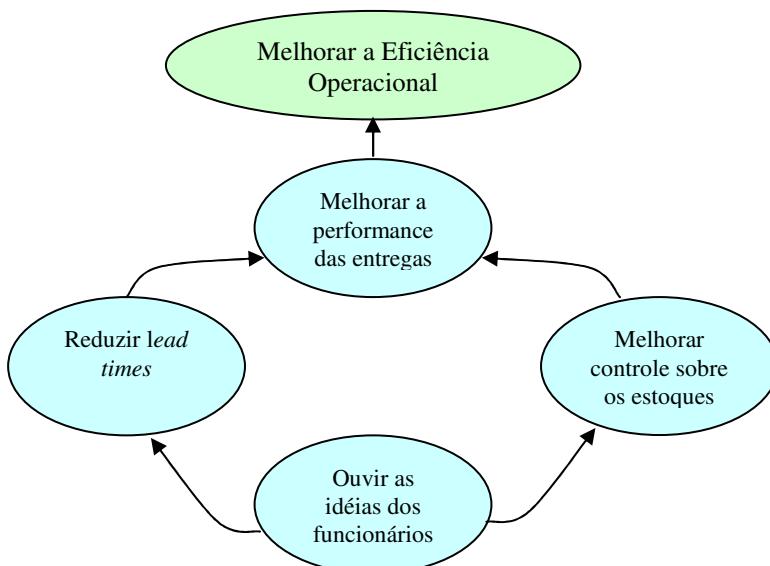


Figura 2.5. Exemplo do Mapa de Relacionamento

Fonte: Neely e Bourne (2000, p. 4)

Outra forma sugerida de se listar os indicadores é olhar para as necessidades e expectativas dos clientes do negócio. Quando o assunto são os clientes do negócio, Bititci (1994) lembra que estes não devem estar restritos apenas às organizações ou pessoas que compram os produtos ou serviços, mas devem sim abranger todos aqueles que mantêm relação com a organização, como empregados, acionistas, agências governamentais, fornecedores, entre outros. Este grupo de clientes, no meio empresarial, é denominado *stakeholders*. Dentro dessa visão, a tabela 2.1, apresentada a seguir, dá uma amostra das

necessidades e expectativas dos *stakeholders*, as quais deverão ser consideradas quando da definição dos indicadores de desempenho a serem utilizados no modelo proposto nesta tese:

Tabela 2.1 - Necessidades e expectativas dos *stakeholders*

Fonte: adaptado e ampliado a partir de Bititci (1994, p. 20)

		<i>Stakeholders</i>				
		Clientes Comerciais	Empregados	Proprietários e Acionistas	Sociedade	Fornecedores
Necessidades e expectativas	Qualidade	Satisfação no trabalho	Retorno do investimento	Atendimento da legislação	Trabalho em parceria	
	Confiabilidade	Segurança no trabalho	Máxima produtividade	Prevenção e eliminação dos danos ambientais	Uso correto do seu produto	
	Cumprimento de prazos	Perspectiva de crescimento na carreira	Previsões de lucro acertadas	Pagamento de impostos	Recebimentos em dia	
	Qualidade no atendimento antes e pós venda	Moral elevada	Alcance das metas		Sigilo industrial	
	Mínimo custo de propriedade	Ambiente agradável				
	Preço atrativo	Sentimento de pertencer				
	Produto tecnologicamente atual	Reconhecimento				

Para auxiliar na definição dos indicadores, pode ainda ser utilizada a gama de medidores de desempenho apresentada por Abdel-Maksoud (2004). Segundo o autor, empresas líderes de manufatura na Europa, Japão e EUA utilizam indicadores de desempenho que se baseiam em:

- Entregas no prazo;
- Qualidade do produto;
- Satisfação do cliente;
- Moral do funcionário;

- Eficiência e utilização e
- Desenvolvimento do produto.

2.3.2. *Balanced Scorecard (BSC)*

Atualmente, um dos mais conhecidos modelos conceituais para a medição de desempenho é o *Balanced Scorecard (BSC)*, criado por Kaplan e Norton no início dos anos 90. O BSC, conforme definem Kaplan e Norton (2001), é mais do que um SMD, pois enfatiza a ligação entre a medição e a estratégia e as ligações entre as causas-e-efeitos que descrevem as hipóteses da estratégia. Assim, conforme os autores, o BSC não é apenas uma coleção de medidas financeiras e não-financeiras, mas deve refletir a estratégia da organização. Os mapas do BSC devem comunicar claramente os resultados desejados pela organização e quais são suas hipóteses a respeito de como estes resultados podem ser alcançados.

O método do BSC agrupa às tradicionais medidas financeiras as medidas de desempenho focadas nos clientes, nas operações internas e no aprendizado e crescimento. O BSC fornece uma estrutura para organizar os objetivos estratégicos dentro de quatro perspectivas, explicam Kaplan e Norton (2001). Estas quatro perspectivas, que fazem parte da proposta inicial dos autores, podem ser visualizadas a seguir e na figura 2.6. Vale dizer que os autores colocam hoje o BSC como um sistema de gestão estratégica.

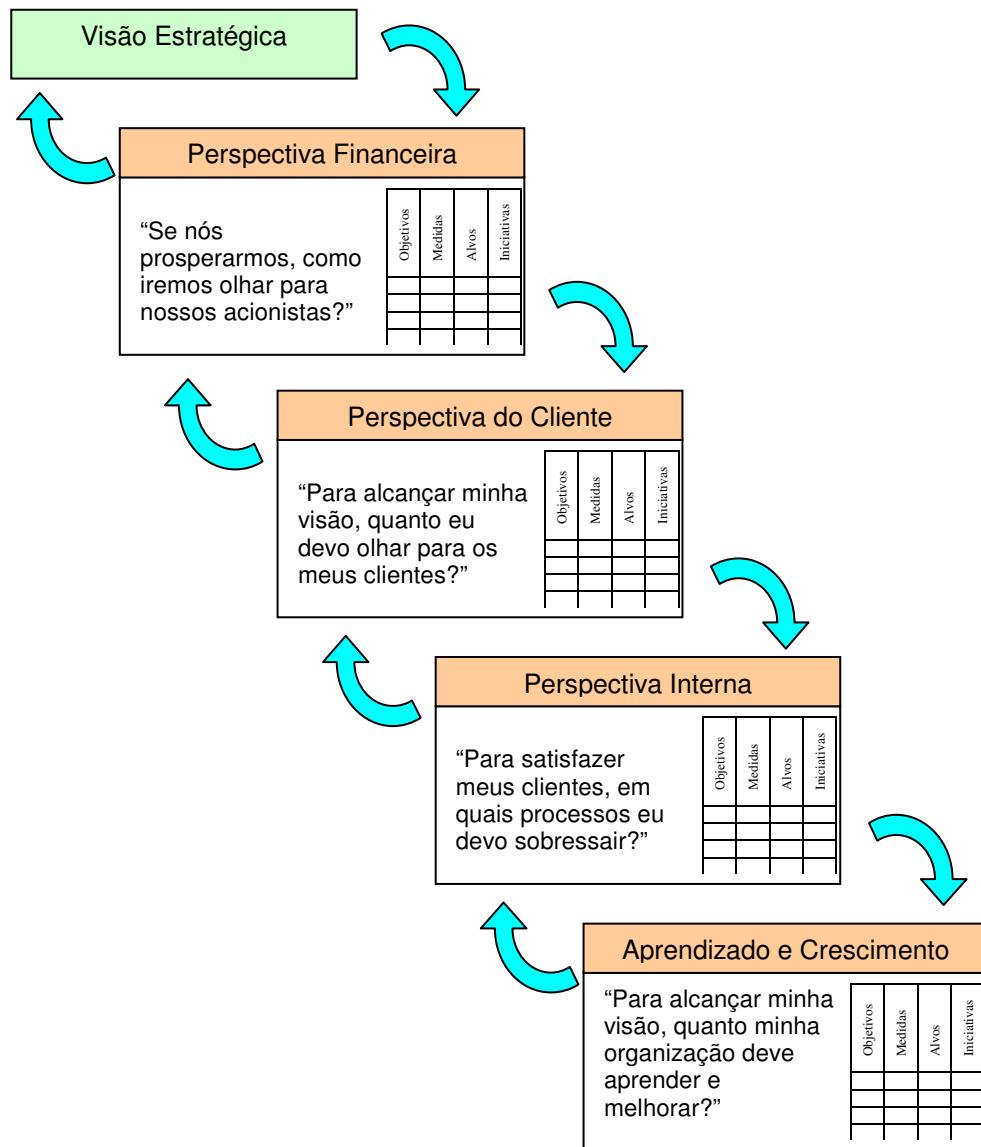


Figura 2.6. O BSC e as relações entre a visão e as perspectivas da organização

Fonte: Kaplan e Norton (2001, p. 91)

- **Perspectiva Financeira:** trata da estratégia e dos riscos para crescer, lucrativamente, vista pela perspectiva do acionista;
- **Perspectiva dos Clientes:** trata da estratégia para criar valor e diferenciação, vista pela perspectiva do cliente;

- Perspectiva dos Processos Internos do Negócio: trata das estratégias prioritárias para os vários processos de negócio de maneira que tragam satisfação para o cliente e para o acionista;
- Perspectiva do Aprendizado e Crescimento: trata das prioridades para se criar um clima que apóie as mudanças, inovações e crescimento da organização.

Sharif (2002) explica que o conceito do BSC é baseado na visão estratégica da organização, relacionando-a as quatro perspectivas organizacionais. Cada perspectiva permite à organização obter uma compreensão não apenas do contexto operacional, mas também do impacto dos seus planos estratégicos. Por meio da figura 2.6, é possível ver estas quatro perspectivas e como elas influenciam umas nas outras. Partindo-se da visão estratégica do negócio, é definida a perspectiva financeira, a qual terá influência na perspectiva do cliente, que por sua vez influenciará a perspectiva interna até chegar à perspectiva do aprendizado e crescimento. Existe, desta forma, uma interação entre as perspectivas, inclusive em sentido oposto, o que acaba por influenciar a visão estratégica do negócio. Assim, o BSC, conforme reforça Sharif (2002) é uma poderosa ferramenta para realizar o alinhamento das estratégias da empresa, permitindo visualizar as metas e objetivos gerenciais por toda a organização.

2.4. A qualidade da informação

A proposta central desta tese parte da premissa de que a qualidade dos dados obtidos no chão-de-fábrica, que por sua vez darão origem às informações, é garantida. Desta forma, torna-se necessário neste trabalho estudar o que é e como é influenciada a qualidade da informação. Basicamente, informação confiável e segura, disponível na hora

certa, pode ser classificada como informação com qualidade. Uma vez que a informação levará a uma tomada de decisão, ela precisa ser confiável para que se tenha uma boa decisão, senão o sistema, projetado para ajudar, passará a atrapalhar. É preferível não ter determinada informação do que tê-la sem qualidade. Na primeira situação, ocorre uma corrida por ajuda ou pela obtenção da informação, enquanto que na segunda situação, uma decisão será tomada com base na informação disponível. No segundo caso, se a informação estiver errada, a decisão tomada, muito provavelmente, também estará errada.

Gemba, palavra de origem japonesa, significa “qualquer lugar onde as interações ocorrem e o conhecimento é obtido”, e quando se fala em produção, *Gemba* é o próprio chão-de-fábrica. Segundo English (2000), é no *Gemba* que se deve atuar quando a qualidade da informação não é satisfatória. O autor cita cinco passos a serem dados para quando se encontrar nesta situação:

1. Quando um problema de informação acontece, vá primeiro ao *Gemba*. O *Gemba* é a fonte de toda informação. No intuito de encontrar a real causa do problema, deve-se observar o processo da maneira como ele ocorre;
2. Verifique os objetos relevantes. Quando observar o processo trabalhando, procure por coisas que são significantes dentro do local de trabalho, como reclamações de clientes, telas de computador, manuais e formulários. Quando se observa o processo em funcionamento e procura por componentes relevantes, você freqüentemente é capaz de identificar a causa raiz do problema;
3. Quando descobrir um problema de qualidade dos dados, não se limite a apenas relatar que existem correções, mas tome ações imediatas, mesmo que temporárias, para garantir a qualidade da informação que está sendo gerada;
4. Encontre a causa raiz. Para isso, vá ao local do problema e pergunte POR QUÊ quantas vezes for necessário. Provavelmente 80% dos problemas de qualidade podem ser resolvidos no próprio local do problema. Eliminar a causa raiz do problema elimina a reincidência dele, e com isso estão sendo eliminados o custo da informação ruim, seu retrabalho e a falha causada no processo;

5. Padronize para prevenir a reincidência do problema. Uma vez constatada a eficácia da ação temporária na eliminação da causa do problema, padronize a melhoria. Faça melhorias nos formulários, procedimentos ou aplicações, e providencie os treinamentos necessários.

Albrecht (1999) também demonstra preocupação com a qualidade das informações e afirma que é necessária uma terceira revolução da qualidade: depois da revolução da qualidade do produto e do serviço, é chegada a hora de fazer a revolução da qualidade da informação. O autor diz que embora seja pouco explorado, o problema de qualidade da informação, se resolvido, pode trazer grandes reduções de custos para as empresas. Para se ter idéia, segundo o autor, vários estudos realizados em lojas, magazines e supermercados dos Estados Unidos da América, estimaram que o erro de registro de preço nos terminais de pontos-de-venda varia numa freqüência de 1% a 3%, em virtude de erros nos bancos de dados ou defeitos dos *scanners*, que resultarão em milhões de registros errados e, consequentemente, em milhões de dólares perdidos. Para o autor, melhorar a qualidade e reduzir os custos da informação é uma das últimas oportunidades não exploradas de se aumentar, de forma significativa, os dividendos dos ativos dos negócios, tanto físicos quanto humanos.

Para quem quer garantir o comprometimento com a qualidade da informação, Albrecht (1999) propõe um programa dividido em quatro fases, que se reciclam umas sobre as outras:

1. Avaliação: identificação dos problemas críticos e oportunidades relativas à qualidade da informação. Envolve uma revisão sistemática e uma análise dos principais processos do negócio, incluindo o comportamento do funcionário com relação à informação;
2. Priorização da mudança: seleção dos problemas e oportunidades que darão maior retorno aos investimentos que os abordarão, como sistemas de

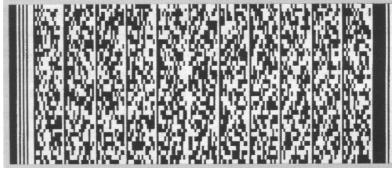
computação, fluxos de processo, práticas de trabalho e desenvolvimento de habilidades necessárias aos funcionários;

3. Reprojeto e “Re-treinamento”: alteração de sistemas, processos e práticas, bem como auxílio às pessoas que os utilizam;
4. Reintegração: tornar menos perceptíveis as ligações e os limites entre os vários processos de negócios. Esse é um processo sem fim, que abrange o enxugamento, a simplificação e a integração dos processos e comportamentos para alinhá-los cada vez mais com a meta do negócio.

Gasnier (1998), comparando os três métodos mais comuns de apontamento, mostra como a precisão deles varia significativamente entre si e, com isso, como se refletem na qualidade dos dados, como pode ser visto na tabela 2.2. Esta é uma informação importante para direcionar a escolha de método a ser utilizado, permitindo uma análise do custo X benefício da solução escolhida:

Tabela 2.2 - Métodos de apontamento e suas precisões

Fonte: adaptado de Gasnier (1998, p. 19)

Método	Exemplo	Erro
Apontamento manual	A89653156	1 erro a cada 300 caracteres digitados
Código de Barras unidirecional	 7 891460 101016 0 1 2 5 8	1 erro a cada 3.000.000 de caracteres lidos
Código de Barras bidirecional		1 erro a cada 7.000.000 de caracteres lidos

2.4.1. Coleta de dados

O processo de coleta dos dados está intimamente ligado à qualidade deles e, consequentemente, à qualidade da informação que vão gerar, e por isso, é fundamental que sejam abordadas aqui nesta tese. A forma de coletar os dados pode ocorrer de diversas maneiras, as quais irão variar em função dos equipamentos, recursos e tecnologias disponíveis, dos tipos de relatórios desejados e, principalmente, do tipo de indústria e processo produtivo. Como o escopo deste trabalho está voltado para empresas de produção de bens discretos, como montagens, usinagens ou conformação, neste tipo de empresa a coleta de dados ou apontamento, de maneira geral, pode ocorrer por meio de uma ou mais das maneiras citadas a seguir:

- Apontamento manual: Baseado em papel (formulário) e anotação manual. Quando se deseja obter uma análise mais detalhada dos dados coletados, este método é seguido de uma fase de digitação dos dados para um sistema em computador, o que permitirá análises muito mais rápidas e complexas. Este método pode ser comprometido por erros não intencionais do apontador, como distração, ou erros intencionais, causados pela falta de comprometimento, ou, ainda, por erros de interpretação da letra, quando da transferência deles para o sistema computadorizado;
- Coletor de Dados: Os coletores podem ser do tipo *on-line* ou *off-line*, dependendo da arquitetura e equipamentos pelos quais a empresa optar. Além disso, podem funcionar baseados em tecnologias como leitores de códigos de barras, cartões perfurados, leitores magnéticos, digitalizadores ou, simplesmente, digitação. Para cada empresa ou situação existe uma aplicação mais indicada, que vai depender do volume a ser lido, ambiente de trabalho (calor, iluminação, umidade, sujeira), possibilidade de gravação do código na peça, complexidade do dado a ser coletado e disponibilidade financeira para o investimento;
- RFID (*Radio Frequency Identification*). Esta tecnologia funciona por meio do uso de minúsculos dispositivos em forma de etiquetas e de *scanners* estrategicamente posicionados. Estas etiquetas contêm um número eletrônico que está vinculado a dados adicionais. Assim, esta nova tecnologia

permite realizar inventários com precisão *on-line* dentro da cadeia de fornecimento, e são capazes de reduzir, senão eliminar, os inventários e checagens de qualidade manuais. Graças ao processo de leitura que utiliza dados comuns e tecnologia padrão, os dados são intercambiáveis e permitem a integração com sistemas ERP. É uma tecnologia em ascensão que tende a se tornar mais popular em função do seu próprio desenvolvimento e, consequentemente, barateamento.

O volume de dados e a confiabilidade necessária são determinantes na escolha da tecnologia para coleta dos dados. A agilidade e a confiabilidade do processo de coleta aumenta quanto maior o grau de tecnologia envolvida. Os custos de implantação, por sua vez, também crescem junto do aumento da sofisticação tecnológica envolvida. A figura 2.7, por exemplo, mostra que a utilização do RFID é recomendável, hoje, no acondicionamento para transporte de ambientes de produção, pois seu alto custo somente se justificará com alto volume e necessidade de alta acuracidade das informações, ou seja, onde o valor agregado também for elevado. Já no outro extremo estão as atividades de varejo, onde a relação custo X benefício da tecnologia de códigos de barra ainda é a mais viável.

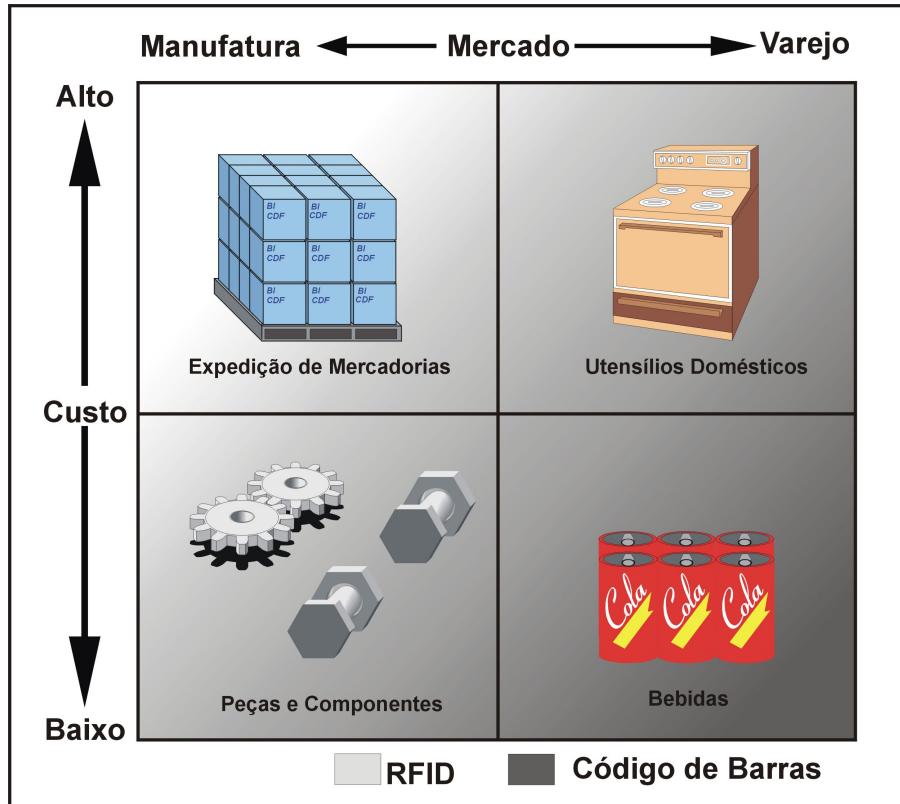


Figura 2.7. Uso de Tecnologia RFID X Código de Barras

Fonte: Adaptado de
http://www.peoplesoft.com/corp/en/ent_strat/articles/rfid_122704.jsp, 05/02/2005

A coleta automática pode ainda ser executada por meio de sensores monitorados por Controladores Lógicos Programáveis (CLP) ou componentes SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*). Novak (2005) explica que os negócios hoje têm necessidade de coletar informações de um grupo maior de ativos e de mais condições de operação, e neste sentido, a funcionalidade dos sistemas SCADA tem evoluído significativamente nos últimos anos, passando de um mero trocador de dados para uma ferramenta colaborativa no fluxo de informações, conhecimento e valor por toda a empresa. Os sistemas SCADA estão agora firmemente integrados aos processos do negócio, aproximando-se da medição em tempo-real, permitindo assim uma avaliação do desempenho em tempo-real. A necessidade e benefícios dos sistemas automáticos para coletar dados são um assunto extensamente abordado nos trabalhos de Nagai *et al.* (2001) e Favaretto (2001).

A coleta de dados manual, por sua vez, somente deverá ser aplicada quando realmente não for possível superar alguma das barreiras já citadas: financeiras, tecnológicas, ambientais ou custo X benefício.

Por sua vez, é importante lembrar que a atividade de coletar dados possui uma importante particularidade: envolve custos, mas não agrega valor diretamente ao produto ou processo ao qual está relacionada. Não é porque os dados do produto ou processo foram coletados e os resultados registrados, que este passa a valer mais. A medição e o controle somente irão agregar valor ao produto ou processo quando possibilitarem tomadas de ações que resultem em melhorias. Por isso, esta é uma análise e decisão que devem ser muito bem estudadas antes da realização dos investimentos para a sua execução.

2.5. Dados, informação e conhecimento

Ao se falar em SI, é possível que, em algum momento, se esteja fazendo uma generalização entre os termos dados, informações e conhecimento. Conhecer essa diferença é necessário para que se dê o correto tratamento a cada termo e para que seja compreendido claramente quando for citado.

Na base da hierarquia está o “dado”: De maneira geral, dado pode ser entendido como qualquer elemento identificado em sua forma bruta, que por si só não conduz a uma compreensão de determinado fato ou situação. Dado também pode ser entendido como é um grupo de símbolos não aleatórios, um registro de um determinado evento para o sistema. Já uma definição mais específica, é proposta por Poe, Klauer, Brobst (1998): Dados são uma coleção de elementos discretos que são coletados e guardados em estruturas projetadas para serem utilizadas por computadores em um processo específico.

Quando os dados são fundidos, agregados, derivados, organizados, estruturados e mostrados, eles se transformam em informação.

Os termos “conhecimento” e “informação” são ainda mais amplos e também possuem diversas definições. É muito comum ocorrer confusões entre eles, principalmente em algumas ferramentas disponíveis comercialmente, tidas muitas vezes como de Gestão do Conhecimento quando na verdade são de Gestão de Informações. Esta confusão, segundo Wah (2000), é a responsável pelo fracasso de muitas iniciativas de implantação de sistemas de gestão do conhecimento.

Para Barroso e Gomes (1999), conhecimento tem significado duplo. O primeiro está associado ao conceito de um corpo de informações constituído de fatos, opiniões, idéias, teorias, princípios e modelos, e o segundo refere-se à situação ou estado de uma pessoa em relação àquele conjunto de informações, que pode ser ignorância, consciência, familiaridade, entendimento, habilidade, etc.

Outra definição apresentada por Barroso e Gomes (1999), p. 153, vem de Peter F. Druker:

“O conhecimento é a informação que muda algo ou alguém, tanto por transformar-se em base para ação quanto por fazer um indivíduo ser capaz de ações diferentes e mais efetivas”.

Baseados na definição de Peter F. Druker, Barroso e Gomes (1999) concluem que a informação torna-se um “item do conhecimento” quando muda o estado mental de conhecimento de um indivíduo ou organização quanto à sua capacidade de ação. Isso também quer dizer que uma mesma informação pode levar a diferentes itens de conhecimento.

Assim, é possível construir a seguinte relação: O conhecimento é a interpretação das informações e a informação é a interpretação dos dados, como mostra a figura 2.8:

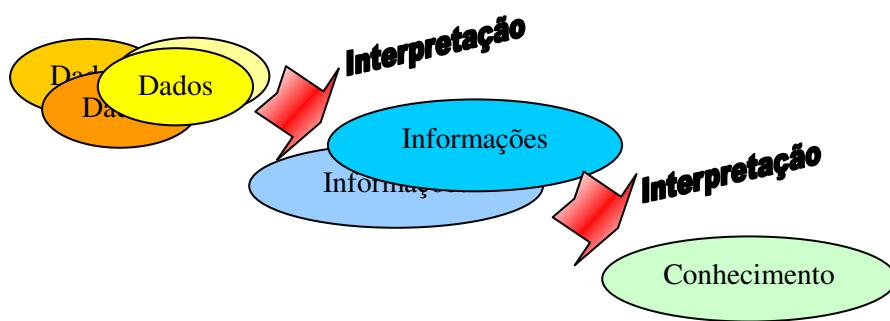


Figura 2.8: Hierarquia entre dados, informações e conhecimentos.

Fonte: adaptado de Barroso e Gomes (1999, p. 152)

A principal diferença entre o conhecimento e a informação está no aspecto humano, pois enquanto, por intermédio da gestão da informação, busca-se automatizar para excluir o ser humano, na gestão do conhecimento o fator humano sempre estará presente (Wah, 2000).

Existem dois tipos de conhecimento. Nonaka e Takeuchi *apud* Benítez (2000; p.4) os classificam em tácito e explícito e os definem como:

1. Tácito: É o conhecimento difícil de ser expresso por meio de palavras e é adquirido com a experiência, de maneira prática. Vem da experiência direta, é subjetivo, prático e análogo;
2. Explícito: É o conhecimento que pode ser facilmente expresso em palavras, números, e prontamente transmitido entre pessoas, formalmente e sistematicamente. Envolve o conhecimento de fatos, é objetivo, teórico e digital.

A partir dessa hierarquização e compreensão dos termos, surgiu então um outro termo que hoje tem sido muito relevante, Gestão do Conhecimento, que Barroso e Gomes (1999) definem de duas maneiras:

1. Gestão do Conhecimento é o trabalho de gerenciar documentos e outros veículos de informação e de conhecimento, com o objetivo de facilitar a aprendizagem da organização;
2. Gestão do Conhecimento é a arte de criar valor alavancando os ativos intangíveis - conhecimentos de mercado de atuação, produtos e tecnologias.

2.6. Considerações Finais

O estudo deste Capítulo teve como objetivo estudar os pré-requisitos necessários para o desenvolvimento e implantação de um SI que se porte como um dispositivo estratégico e competitivo para a transformação das estruturas organizacionais da empresa. Uma vez que o sistema de SAD/BI aqui proposto para tratar com os indicadores de desempenho do chão-de-fábrica irá agregar ao SI total da organização, é necessário que o modelo, ao ser desenvolvido, atenda às recomendações feitas ao longo deste Capítulo: Deve ser flexível, capaz de trabalhar integrado aos sistemas de informação existentes dentro da empresa, estar em sintonia com os atuais conceitos dos SMD, primar pela qualidade da informação e, a partir dos dados, fornecer informações que possam vir a se transformar em conhecimento. Um SI completo para empresas de manufatura, como foi visto, poderá ser composto por sistemas como MRP, MRPII, ERP, SCM e MES, e por isso, entender estes elementos foi outra função deste Capítulo. Embora a melhor condição em termos de benefícios hoje seria possuir um ERP instalado, em termos de custos esta é uma realidade pouco acessível e nem sempre necessária à muitas empresas. Chegar ao ERP é um processo evolutivo, porém, é possível que se tenha um bom SI para manufatura integrado a um SAD/BI mesmo com sistemas mais antigos.

Definir quais são os melhores indicadores de desempenho para um determinado negócio não é uma tarefa fácil, óbvia ou intuitiva, por isso, os SMD também receberam

destaque neste Capítulo, considerando que seu entendimento é necessário para a escolha e justificativa dos corretos indicadores de desempenho para o chão-de-fábrica.

Considerando-se a relação entre qualidade da informação e qualidade da decisão, foi estudado aqui a importância da informação com qualidade. Informação com qualidade é um requisito imprescindível para o sucesso de qualquer SI e, obviamente, para o modelo proposto. Sem informação com qualidade, o modelo e o uso do sistema de SAD/BI propostos ficam totalmente comprometidos. A qualidade da informação tem uma estreita ligação com a forma de coleta dos dados: de maneira geral, quanto mais automatizada a coleta dos dados, mais confiável será a informação final.

Devido às freqüentes confusões entre os termos dados, informação e conhecimento dentro dos SI, este Capítulo tratou de defini-los e caracterizar o modelo proposto dentro das definições. Desta forma, o modelo proposto trata de um sistema que coletará dados de indicadores de desempenho específicos e os transformará em informações por meio do uso de sistemas de SAD/BI. Uma vez esta informação interpretada e aplicada, esta poderá vir a se transformar em conhecimento.

O conhecimento sobre os SI obtidos neste Capítulo permitirá entender melhor os SI analíticos, estudados a partir do Capítulo 3, e a somatória dos dois permitirá evoluir a caminho do modelo proposto no Capítulo 4.

Capítulo 3

Sistemas de Apoio à Decisão e *Business Intelligence*

Para competir no mercado global e obter sucesso, hoje as empresas precisam saber mais sobre seus clientes, mercados, tecnologias e processos, e antes que seus concorrentes (HEINRICHES e LIM, 2003). É necessário ter a informação correta, na hora certa e de fácil acesso. De maneira bem simplificada, pode-se dizer que, para tomar decisões, o gerente baseia-se em uma série de relatórios – entenda-se informações – e em sua própria intuição. Se esses relatórios não fornecerem o suporte adequado ou se a intuição não estiver boa, as probabilidades de acerto podem ser baixas. Ter informações em mãos é, portanto, um elemento importante para quem precisa tomar decisões e que pode trazer vantagens na hora da competição. A questão, pois, está em como conseguir estas informações?

Os atuais Sistemas de Informação podem ser separados em analíticos ou operacionais. Os sistemas analíticos são aqueles que fornecem as informações utilizadas para analisar um determinado problema ou situação. Estes sistemas baseiam-se em tendências e padrões de comportamento, verificados sobre uma grande quantidade de dados e um longo período de tempo. Já os sistemas operacionais, comumente chamados de OLTP (On Line Transaction Process), são sistemas que rodam no dia-a-dia das empresas, como os sistemas de Programação e Controle da Produção (PCP), controle de estoques, financeiros e vendas.

Os OLTP possuem, conforme Costa (1998), as seguintes características básicas:

- Foco nos dados, armazenamento, processamento e fluxos nos escalões operacionais;
- Processo de transação eficiente;

- Ciclos programados e otimizados;
- Arquivos integrados para serviços relacionados;
- Relatórios resumidos para a gerência.

Existem diferenças básicas entre os sistemas operacionais e os analíticos, que podem ser analisadas pela tabela 3.1 a seguir:

Tabela 3.1 – Comparação entre Sistemas Operacionais e Analíticos

Características	Sistemas	
	Operacionais	Analíticos
Estabilidade dos Dados	Voláteis	Estáveis
Atualização	Constante (dados diários) e em tempo real	Não há alterações, só inclusões. Realiza atualizações periódicas
Linha de Tempo	Mostram a Situação Atual	Mostram os Fatos quando ocorreram – Como uma foto
Tempo de Retenção dos Dados	Período pré-definido, necessário para manutenção do negócio (alguns meses)	Período longo para possibilitar análise de tendências (vários anos, de 5 a 10)
Disponibilidade do Serviço	Em torno de 20 horas por dia, 6 dias por semana, ou mais	Em períodos predefinidos do dia e da semana
Construção do Banco de Dados: Objetivos	Permitir inclusão, alteração e exclusão dos dados	Armazenar grandes volumes de dados <i>read-only</i>
	Projetados para gerar relatórios predefinidos	Projetados para gerar relatórios interativos de natureza <i>ad-hoc</i>
	Dados íntegros	Dados redundantes
	Foco na agilidade no processamento	Foco na qualidade das informações
Exemplo	Ordem de Fabricação de determinado produto	Rejeição de processo de determinado produto em determinado período

Os chamados SAD (Sistemas de Apoio à Decisão) ou DSS (Decision Support Systems) fazem parte do grupo dos sistemas analíticos que, basicamente, extraem dados dos sistemas operacionais e os armazenam em bancos de dados separados. Esses sistemas têm o intuito de propiciar ao gerente informações mais direcionadas ao seu problema, de forma que este dependa menos de sua intuição. Não que a intuição seja a partir de então algo dispensável, pelo contrário, quanto mais estratégica ou diferente for a decisão, menos informações se tem a respeito do problema e, assim, aumenta-se a importância da intuição. Porém, dispor de informações confiáveis e adequadas à situação sempre torna o processo decisório mais eficaz.

Uma série de fatores contribuiu para o surgimento dos SAD, conforme explica Costa (1998):

- Surgimento da tecnologia de *hardware* e *software*;
- Esforços em pesquisas em “universidades de ponta”;
- Crescimento do foco em qualidade de como apoiar a tomada de decisão;
- Desejo por melhores informações;
- Crescente turbulência no ambiente econômico e
- Forte competição, principalmente internacional.

Costa (1998) ressalta algumas características dos SADs:

- O SAD provê suporte para a tomada de decisões, principalmente nas situações semi-estruturadas ou desestruturadas (*ad-hoc*), articulando julgamento humano e informações computacionais;
- O suporte é oferecido aos vários escalões de gerência. O SAD pode ser utilizado para suporte a decisões táticas de curto-prazo, como saber sobre o movimento mensal de estoque, ou para decisões estratégicas de longo prazo, como a introdução de um novo produto ou serviço dentro de um novo mercado;
- O suporte é provido tanto individualmente como para grupos. Muitos problemas organizacionais envolvem tomadas de decisões em conjunto, podendo envolver pessoas de diferentes departamentos e níveis ocupacionais;

- O SAD suporta todas as fases do processo de tomada de decisões: conhecimento, *design*, escolha e implementação;
- O SAD suporta grande variedade de processos e estilos de tomada de decisão;
- O SAD muda ao longo do tempo, adaptando-se para enfrentar mudanças;
- O SAD é de fácil utilização. Sua interface é amigável e o sistema é flexível;
- O SAD busca primeiro a eficácia da tomada de decisões (acurácia, agilidade e qualidade), colocando em segundo plano a eficiência (custo);
- Os usuários têm controle completo sobre todos os passos do processo na resolução dos problemas. O SAD não substitui os tomadores de decisão, que podem inclusive desconsiderar as recomendações do sistema;
- O SAD conduz a estudos, gerando novas informações em um processo contínuo do desenvolvimento do sistema;
- Os usuários finais devem ser capazes de construir sistemas simples. Sistemas maiores podem ser construídos com auxílio de especialistas em sistemas de informação;
- Um SAD geralmente utiliza modelos para a análise de tomada de decisões. A capacidade de modelagem permite simular diferentes estratégias sob diferentes configurações. Tais simulações podem trazer novas visões e aprendizados.

Ferramentas clássicas de SAD compreendem componentes para gerenciamento de sofisticados bancos de dados, poderosas funções de modelagem e poderosos, embora simples, projetos de interface com o usuário, que permitem trabalhar interativamente com questões, relatórios e funções gráficas (SHIM *et al.*, 2002). Os SAD e os *Business Intelligence* (BI), atualmente, contam com ferramentas específicas para sua construção, que são os *Data Warehouse*, OLAP, *Data Mining* e *Web Warehouse*, que serão descritos durante este capítulo.

3.1. Executive Information System (EIS)

São freqüentes as confusões entre os termos SAD e EIS (*Executive Information System* - Sistema de Informação Gerencial), tanto que muitas vezes eles são usados até como sinônimos. Pode-se dizer que, numa escala evolutiva, nos anos 70 surgiram os MIS (*Management Information Systems*), que evoluíram nos anos 80 para os EIS e os SAD, que, por sua vez, nos anos 90, evoluíram para os BI. Os objetivos em comum destes sistemas sempre foram propiciar ao tomador de decisões informações que o ajudassem na condução do seu negócio. As tentativas de implantação dos MIS, geralmente, foram frustradas devido ao *hardware* e *software* precários da época. No entanto, com a evolução do *hardware*, tanto em velocidade de processamento quanto em capacidade de armazenamento, foi possível que ocorresse também a evolução do *software* nos anos seguintes, dando origem aos EIS e aos SAD. Inicialmente, embora as soluções EIS estivessem restritas apenas a uma elite de usuários que podiam adquiri-las, elas ajudaram a provar que a tecnologia da informação poderia contribuir para melhorar as decisões corporativas, abrindo caminho para outras soluções de análises, explica Singh (2001).

Os EIS se caracterizam por propiciarem uma interface de relatórios predefinidos bem estruturada, que fornecem informação de alto nível e altamente concisa sobre o negócio. Esses sistemas apresentam um alto nível de “amigabilidade” e “intuitividade”, fornecendo, deste modo, alta funcionalidade e deixando transparente aos usuários a complexidade do sistema ou estrutura de dados. Uma das diferenças entre os EIS e os SAD está no estilo dos relatórios. Enquanto os EIS valem-se de uma extensa gama de relatórios gráficos que visualizam toda a empresa, os SAD utilizam-se mais de planilhas do tipo “o que aconteceria se” com capacidade de análise mais voltada a um departamento ou produto por vez. Outra grande diferença está no foco. Enquanto os SAD estão focados em gerar informações sobre uma situação não predefinida, a priori com vistas à tomada de decisão, os EIS estão focados em disponibilizar informações por meio de relatórios predefinidos altamente customizados.

A figura 3.1 é interessante para verificar a hierarquia entre estes sistemas. Nela, podem-se observar os sistemas OLTP (foco nos dados) absorvendo dados dos processos, que por sua vez são matéria-prima para os sistemas EIS (foco nas informações) e para os SAD (foco nas decisões). Embora a fonte dos dados seja a mesma para os EIS e os SAD, os SAD, hierarquicamente, estão acima dos EIS devido ao foco para que estão voltados: informações X decisões.

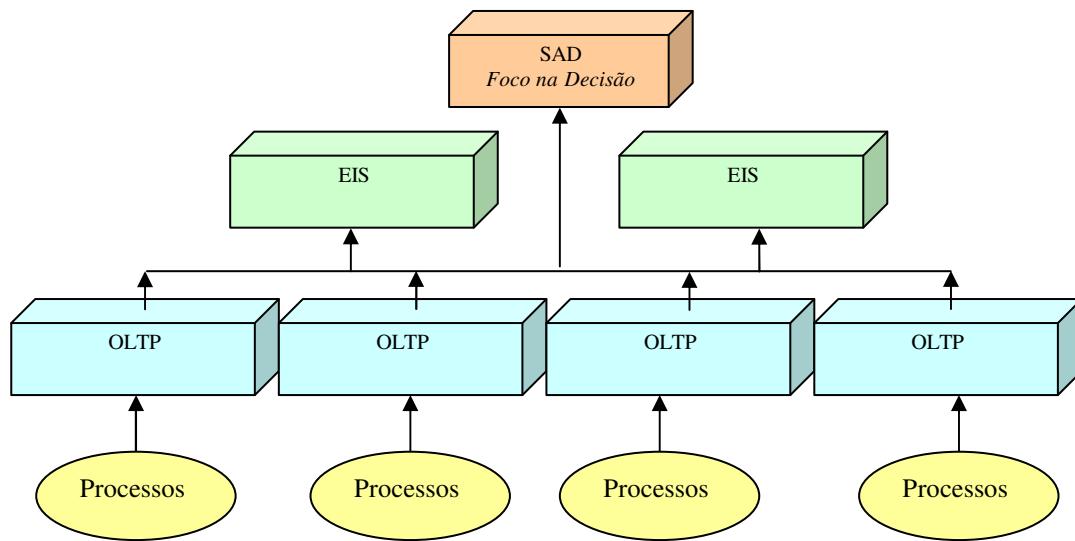


Figura 3.1. Hierarquia dos Sistemas dentro das empresas

Fonte: adaptação de Sprague apud Costa (1998, p. 36)

Gupta (2000) explica ainda que os EIS proporcionam um elevado nível de consolidação dos dados e estão mais voltados ao alto executivo, que precisa mais da habilidade de poder examinar o mesmo dado de diversas formas, de que da habilidade de se aprofundar nos detalhes dos dados. Já os SAD, por sua vez, tendem a focar mais os detalhes dos dados e estão mais voltadas para a média e baixa gerência.

É freqüente, no entanto, a confusão de conceitos entre os três termos: EIS, SAD e BI, principalmente comercialmente. Segundo Carlsson e Turban (2002), os termos SAD e EIS, propriamente ditos, têm sido vistos cada vez menos, tanto em revistas especializadas quanto em *Web-sites* de vendas, e no seu lugar tem sido cada vez mais freqüente o uso

dos termos BI e OLAP (*On Line Analytical Processing*). Estes dois termos praticamente eliminaram o uso dos termos SAD e EIS. BI, neste contexto, passou então a significar todos os sistemas da empresa que tenham fins exclusivamente analíticos. Assim, de maneira geral, conforme Carlsson e Turban (2002), os sistemas BI devem ser capazes de permitir que seus usuários obtenham “todas” as informações de que necessitem, a partir dos numerosos bancos de dados da organização. Já o termo OLAP, que também está relacionado aos sistemas analíticos, será mais bem detalhado no item 3.3 deste capítulo.

Embora fique claro por meio do trabalho de Carlsson e Turban (2002) que o termo BI possui um forte apelo comercial, para fins de facilitar o tratamento de nomes e siglas nesta pesquisa, a partir deste ponto os termos SAD e BI serão tratados apenas como BI. Esta padronização não pretende depreciar o valor do termo SAD, mas sim deixar o trabalho mais amigável, visto a ampla disseminação do termo BI atualmente.

3.2. Data Warehouse

O rápido crescimento do Data Warehousing (ato de trabalhar com Data Warehouse), diz Gupta (2000), está ocorrendo devido a dois acontecimentos principais: o desenvolvimento e disponibilidade de tecnologias de hardware e software, e as mudanças na natureza dos negócios. O autor afirma que a queda dos preços e o aumento da capacidade do hardware, aliados às facilidades de uso do software, têm possibilitado rápidas análises de centenas de gigabytes de informação e conhecimento sobre o negócio.

Harding e Yu (1999) explicam que a idéia inicial de um *Data Warehouse* consiste em extrair, de maneira eficiente, informações valiosas dos bancos de dados operacionais e integrá-las, de tal forma que possam ser utilizadas de uma maneira analítica para fornecer ao gerente relatórios que auxiliem ou facilitem suas decisões. No entanto, os bancos de

dados operacionais estão espalhados por toda a empresa e acabam contendo dados duplicados ou parcialmente duplicados, o que acarreta numa inevitável perda de produtividade e confiabilidade. É necessário, portanto, o uso de uma ferramenta que cole os dados e faça o seu tratamento antes de levá-los para dentro do *Data Warehouse*. Somente a partir dos dados limpos, agregados e disponíveis dentro de um *Data Warehouse*, é que se realizam as análises e extrações de informações do processo que os gerou, explicam Grigori *et al.* (2004).

Taurion apud Bispo (1998; p. 27) diz que o *Data Warehouse*, ao reunir informações dispersas em diversos bancos de dados e plataformas distintas, permite que sejam feitas análises bastante eficazes, transformando dados esparsos em informações estratégicas, antes inacessíveis ou subaproveitadas.

Em termos de definição de *Data Warehouse*, Gupta (2000) diz em seu trabalho que um *Data Warehouse* consiste de um ambiente estruturado e extensível projetado para análises de dados não voláteis, lógica e fisicamente transformados a partir de múltiplas fontes (aplicações), alinhado com a estrutura do negócio, atualizado e mantido por um longo período de tempo, expresso em termos simples do negócio e resumido para rápidas análises.

Baseado em Poe, Klauer e Brobst (1998), Bispo (1998), Gray e Watson (1999) e Harding e Yu (1999), é apresentada a seguir uma relação das características dos Data Warehouse:

- Não são violáveis, ou seja, seus dados não são alterados, só incluídos;
- São orientados a determinado assunto, por exemplo, clientes, vendas, viagens;
- São integrados. Buscam uma padronização entre os termos e estruturas utilizadas nos sistemas operacionais, por exemplo, sexo pode ser armazenado como “macho e fêmea” ou “masculino e feminino”, depende do padrão adotado;
- Representam um histórico do assunto em questão;

- Possuem um elemento tempo para tratar a variação do assunto ao longo do tempo;
- São condensados, somente os dados relevantes são armazenados;
- Não são normalizados, ou seja, podem ter dados redundantes;
- Não são baratos;
- Sua implantação é demorada, uma vez que precisam de uma base de dados de longo período de tempo;
- Representam um longo período de tempo, de 5 a 10 anos;
- São grandes e continuam crescendo ao longo do tempo;
- É essencial que sejam monitorados de forma a garantir que o banco de dados seja mantido dentro de um tamanho realístico e contenha informações relevantes.

3.2.1. Fases de desenvolvimento do *Data Warehouse*

Devido às diferenças citadas anteriormente entre um *Data Warehouse* e um sistema operacional, seu desenvolvimento também é diferente dos sistemas tradicionais. Poe, Klauer, Brobst. (1998) propõem um ciclo de vida para este desenvolvimento, apresentado a seguir:

1. Planejamento: É indispensável que a arquitetura e a infraestrutura técnica sejam pensadas antes do início do desenvolvimento;
2. Obtenção das necessidades de dados e modelamento: É necessário compreender as necessidades do negócio e dos usuários;
3. Projeto físico do banco de dados e implementação, incluindo tabelas de fatos, relacionamento entre as tabelas e descrição das tabelas;

4. Busca de dados, integração e mapeamento: Esta é a fase que normalmente toma mais tempo; inclui definir quais são as melhores fontes de dados, desenvolver as especificações para conversão dos dados e refinar sua estratégia de integração;
5. Povoamento do *Data Warehouse*, que consiste em desenvolver programas ou utilizar ferramentas para extrair, mover e integrar os dados;
6. Automatização do processo de extração, conversão, carga, *backup* e recuperação dos dados;
7. Criação do conjunto inicial de relatórios;
8. Validação dos dados e integração usando o conjunto inicial de relatórios;
9. Treinamento para a comunidade usuária e
10. Colocação em funcionamento.

A figura 3.2, apresentada a seguir, mostra o ciclo de funcionamento do *Data Warehouse*. Nesta, observam-se as diversas fontes de dados, no caso os sistemas OLTP da empresa, que, após passar por um processo de integração, irão povoar o *Data Warehouse* corporativo. Este, por sua vez, é formado por vários *Data Warehouses* menores (ou *Data Marts*) que são direcionados a negócios específicos da empresa. Será a partir dos *Data Warehouses* ou *Data Marts* por negócio que os usuários acessarão os dados. Deve-se observar na figura a freqüente interação dos *Data Warehouse* e *Data Mart* com seus respectivos metadados, cuja importância será descrita no item 3.2.3 adiante.

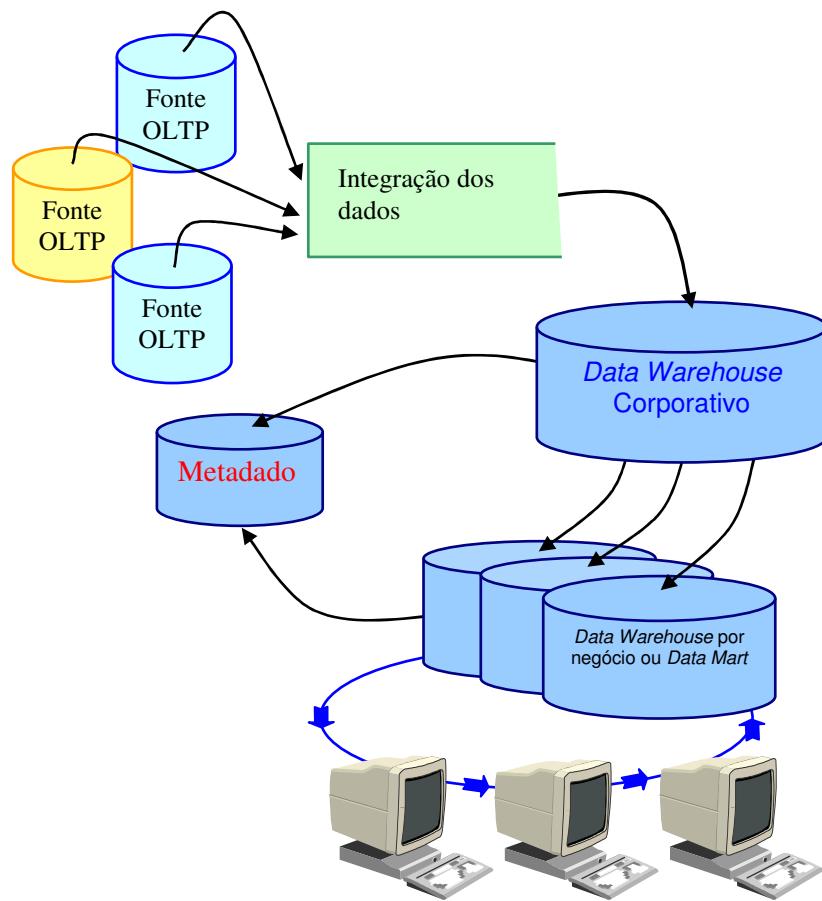


Figura 3.2. Arquitetura clássica de um *Data Warehouse*

Fonte: adaptado de Poe, Klauer e Brobst (1998, p. 19)

3.2.2. Integração dos Dados

Poe, Klauer, Brobst (1998) explicam que o processo de integração dos dados é um pré-processamento destes para padronizar nomes e valores, resolver discrepâncias na representação dos dados, fundir valores comuns e analisar dados provenientes de fontes distintas e que representem os mesmos fatos do negócio. Integração é diferente de transformação. Integração está relacionada à consolidação e à conversão dos dados provenientes das diversas fontes. As fases de integração dos dados são constituídas de:

- Obtenção dos dados: Cabe aqui determinar, ou mesmo descobrir, quais os arquivos que fornecerão os dados corretos;
- Consolidação dos dados: O processo consta em analisar e combinar dados provenientes de sistemas ou fontes diferentes dentro de uma única e integrada estrutura de bancos de dados;
- Conversão dos dados: Por meio das especificações de como alterar os dados fontes, são feitas as conversões deles para carregá-los dentro da nova estrutura de dados;
- Povoamento de dados: Consiste em realizar a carga dos dados fonte fisicamente para dentro da estrutura integrada de banco de dados.

A fase de integração, reconhecida como a fase mais trabalhosa do desenvolvimento de um projeto de *Data Warehouse*, pode ser bastante facilitada com a integração do *Data Warehouse* com os sistemas ERP. Neste sentido, Gupta (2000) já previa que com o surgimento e disseminação dos novos *software* de negócio, integrados e flexíveis, como SAP, Baan e Oracle, num futuro bem próximo a maioria dos *Data Warehouse* teria seus dados provenientes desses sistemas. Continuando, Gupta (2000) dizia que uma vez que estes sistemas estivessem totalmente adaptados ao negócio, a aquisição dos dados a partir deles seria muito mais simples do que por meio dos sistemas convencionais. Atualmente esta realidade já pode ser observada nos produtos das empresas SAP e Oracle, entre outras, que já oferecem, dentro de uma única estrutura, a possibilidade de integrar soluções de BI aos sistemas ERP. Uma consulta aos *sites* destas empresas, nos endereços a seguir, pode dar uma idéia desta proposta:

- SAP - Disponível em:
[<http://www.sap.com/solutions/netweaver/businessintelligence/index.epx>](http://www.sap.com/solutions/netweaver/businessintelligence/index.epx)
- Oracle – Disponível em:
[<http://www.oracle.com/solutions/business_intelligence/index.html>](http://www.oracle.com/solutions/business_intelligence/index.html)

3.2.3. Metadados

A definição original de metadado é simplesmente “dados sobre os dados”, porém ela não é suficiente para estabelecer uma clara e precisa definição sobre o termo, afirma Wiener (2000). Metadado é tudo, menos os dados propriamente ditos, diz Kimball (1998). Os dados, de repente, tornam-se a parte mais simples do sistema. O autor continua afirmando que, embora a estruturação dos metadados seja bastante trabalhosa, esta precisa ser feita, pois será de grande ajuda na administração do sistema. Conforme comenta Wiener (2000), como será possível saber onde um erro ocorreu, qual o motivo e o que é necessário para corrigi-lo sem tal documentação? As empresas que documentarem seus dados e processos contarão com sistemas duradouros e relativamente fáceis de integrar e atualizar nos casos de mudanças do negócio, conclui o autor. Conforme Kimball (1998) e Wiener (2000), os metadados envolvem:

1. A documentação dos sistemas operacionais, ou seja, dados do processo;
2. A documentação de todo o processo de extração, integração e carga dos dados;
3. A descrição do conteúdo dos *Data Warehouse*, dos bancos de dados operacionais e dos *Data Marts*;
4. Um tipo de dicionário do negócio, contendo todos os elementos de dados;
5. A documentação das consultas e relatórios, e as operações necessárias para obtê-los.

3.2.4. Esquema Estrela de banco de dados

O modelo de banco de dados utilizado neste trabalho é o chamado Esquema Estrela. As vantagens do uso do Esquema Estrela para os *Data Warehouse* sobre os

modelos relacionais convencionais, de acordo com Poe, Klauer e Brobst (1998) e Bispo (1998), podem ser descritas como:

1. Permite a criação de um projeto de banco de dados que fornecerá respostas rápidas, com menos tabelas e índices;
2. Permite ao administrador do banco de dados trabalhar com projetos mais simples e assim produzir melhores planos de execução;
3. Possui uma estrutura mais intuitiva, assemelhando o projeto do banco de dados com a forma como o usuário final pensa e utiliza os dados;
4. Simplifica o entendimento e a navegação dos metadados para os usuários e desenvolvedores;
5. Amplia as opções de escolha da ferramenta *front-end* de acesso aos dados.

O Esquema Estrela é composto basicamente por dois tipos de tabelas: as tabelas de Fato e as de Dimensão. A tabela de Fato é uma grande tabela central, composta basicamente das ocorrências do negócio, por exemplo, vendas, produção e defeitos, enquanto que as tabelas de Dimensão armazenam basicamente as descrições do negócio, como dados sobre o produto (marca, tamanho, categoria, preço), tempo (dia, mês, ano) e cliente (nome, endereço, classe social). As tabelas de Dimensão são compostas por uma única chave primária, que por sua vez formará a chave composta da tabela de Fatos. Este modelo também é conhecido como modelo Dimensional. Cada negócio ou assunto possui sua tabela de Fatos e as respectivas tabelas de Dimensões, podendo um Data Warehouse corporativo ser composto por diversos assuntos ou negócios. A figura 3.3 deixa mais claro os conceitos de tabelas de Fato e Dimensão, e também apresenta um exemplo para um caso de Vendas, visando deixar mais familiar sua forma de trabalho.

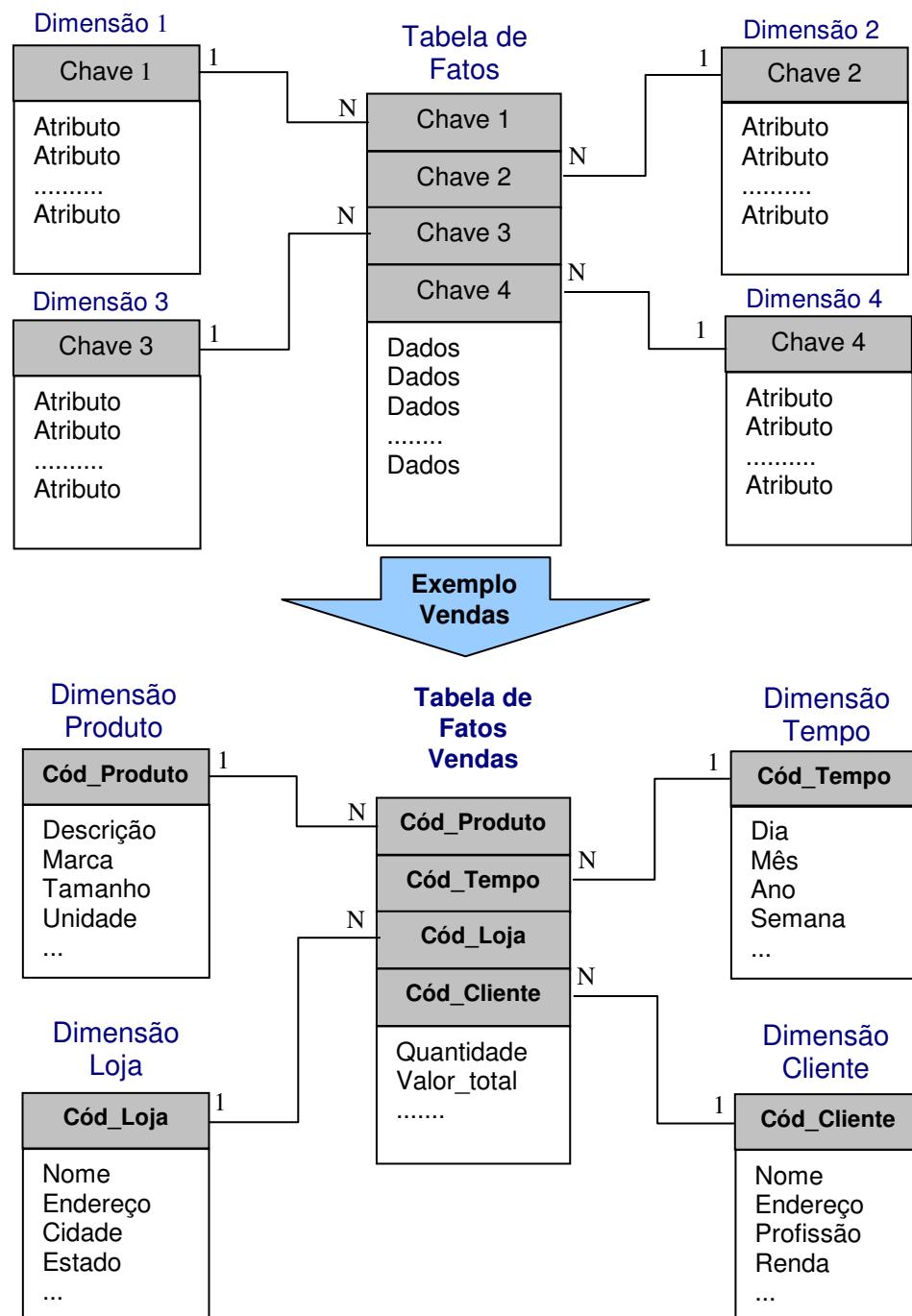


Figura 3.3. Modelo Dimensional de banco de dados utilizando Esquema Estrela e um exemplo

3.2.4.1 - Snowflake

Uma variação do esquema Estrela é o Snowflake, que consiste na realidade em uma normalização do primeiro. No esquema Snowflake, as tabelas de Dimensão são estruturadas de modo que atendam a terceira forma normal, mantendo as tabelas de Fato em sua estrutura inicial. Para atender a terceira forma normal, na tabela de Dimensão não pode haver campos que sejam dependentes de outros campos que não sejam a própria chave primária. Desta forma, pensando na Dimensão Produto, por exemplo, detalhes de promoções relacionados à marca poderiam ser colocados em uma tabela Snowflake chamada Sub-Dimensão Marca, tal que, todo produto daquela marca pudesse usufruir da promoção. A figura 3.4 mostra, assim, o formato geral de um Esquema Estrela e uma derivação *Snowflake*:

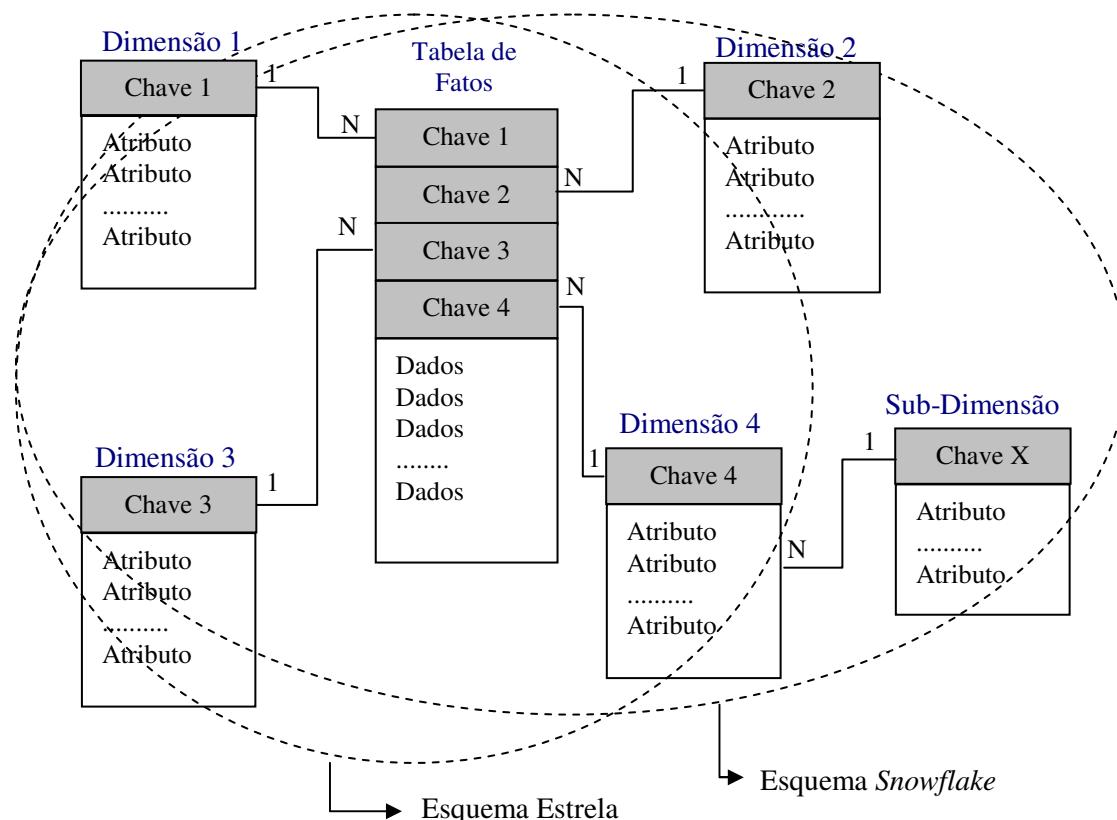


Figura 3.4. Modelo Dimensional de banco de dados que utiliza o Esquema Estrela e *Snowflake*

Vale ressaltar que o uso do esquema *Snowflake* traz como desvantagens o aumento da complexidade da estrutura de dados, dificultando a compreensão do modelo por parte de usuários que trabalham diretamente com a estrutura física das tabelas. No entanto, o uso do *Snowflake* pode ser indispensável em alguns casos em que, por exemplo, o modelo desnormalizado (Estrela) requeira muito espaço em disco ou suas tabelas dimensionais sejam muito grandes, prejudicando o desempenho do sistema (Singh, 2001; Poe, Klauer e Brobst, 1998).

3.2.5. Aplicações de *Data Warehouse*

Mostrar aqui todas as aplicações possíveis para *Data Warehouse* é algo impraticável, pois as possibilidades de aplicação dependem das necessidades, conhecimento, criatividade e visão de cada usuário ou desenvolvedor. Algumas aplicações, no entanto, são clássicas e, portanto, válidas de serem apresentadas, conforme segue:

1. Detecção de Fraudes: Aplicáveis a cartões de crédito, seguros, cartões telefônicos, etc. O mecanismo consiste em utilizar as informações históricas de um *Data Warehouse* para caracterizar tanto os padrões de fraude como os de uso legítimo, e então criar algoritmos para o sistema operacional, de tal forma que cada fraude possa ser prevenida em tempo real ou semi-real;
2. *Marketing*: Em um mercado saturado não adianta a quantidade, mas sim a qualidade dos nomes para contato. Portanto, o que se deseja descobrir é quais são os consumidores certos para uma campanha de *marketing* direcionada. Ultimamente, o objetivo é descobrir determinados “segmentos de consumidores” para os quais as mensagens de *marketing* sejam específicas para cada consumidor individual;
3. Análise de Lucros por Clientes: O objetivo aqui é saber quais clientes são lucrativos e quais não são, e assim criar um *ranking* que permita direcionar ações;

4. Gerenciamento de estoque: O objetivo dessa aplicação é disponibilizar os produtos certos no lugar certo e na hora certa;
5. Análise de risco para crédito: Aqui os clientes normalmente são classificados dentro de três categorias quando feita uma análise de crédito: bons, ruins e instáveis.

Existe um fenômeno interessante que acontece com os usuários na maioria dos novos projetos de *Data Warehouses*, explica Gupta (2000). Eles esperam conseguir do *Data Warehouse* apenas o que eram capazes de conseguir quando utilizavam as ferramentas e métodos convencionais: os mesmos relatórios e as mesmas pesquisas. Somente após usar o *Data Warehouse* por um certo período de tempo é que os usuários começarão a explorar e descobrir as novas capacidades que a ferramenta disponibiliza para eles.

3.2.6. *Data Mart*

Muito utilizados em projetos-piloto, existem também os *Data Marts*, que, conforme Singh (2001) define, são subconjuntos do *Data Warehouse* da empresa-inteira. Tipicamente desempenham o papel de um *Data Warehouse* departamental, regional ou funcional. Uma empresa pode construir uma série de *Data Marts* ao longo do tempo e, eventualmente, vinculá-los por meio de um *Data Warehouse* lógico da empresa-inteira.

Os *Data Marts* são menores e de implantação mais rápida que um *Data Warehouse*. Deve-se, no entanto, tomar cuidado com a proliferação dos *Data Marts* sem que se tenha por base um sistema que os consolide – entenda-se aqui um *Data Warehouse* corporativo. Do contrário, esses sistemas rapidamente estarão desintegrados e, junto com a

desintegração, trarão todas as consequências já comentadas no Capítulo 2. Não há problemas em se começar pequeno, mas não se pode perder a visão do sistema maior, o *Data Warehouse* corporativo, reforça Corey *et al.* (2001).

3.3. OLAP (*On Line Analytical Processing*)

O *Data Warehouse*, como foi mostrado, é basicamente uma ferramenta que visa o armazenamento de dados, porém que não dispõe de recursos para realizar consultas e análises muito sofisticadas ou cálculos mais complexos. Para esses casos, existe uma outra ferramenta de BI, o OLAP, que possui a capacidade de processamento dos dados. O grande diferencial do OLAP está principalmente na sua capacidade de permitir consultas e análise dos dados de forma consistente, interativa, rápida e com uma grande variedade de possíveis visões dos dados. No OLAP, as respostas não são automáticas. Trata-se de um processo interativo em que o usuário formula hipóteses, faz consultas, recebe informações, verifica um dado específico em profundidade e faz comparações. O OLAP ajuda os usuários a sintetizarem as informações sobre a empresa por meio de comparações, visões personalizadas, análises estatísticas, previsões e simulações. Assim como o *Data Warehouse*, o OLAP também pode ser usado em diversos departamentos organizacionais, como Finanças, Vendas, Marketing e Manufatura (BISPO, 1998).

Pendse (2000) explica que o termo OLAP foi definido por E. F. Codd, que criou em 1993 um conjunto de doze regras que serviriam de referência para a avaliação e desenvolvimento da ferramenta. Em seu trabalho, Pendse (2000) apresenta e questiona essas regras e mais seis que foram incluídas em 1995, devido a limitações das doze iniciais, agora chamadas de características. Bispo (1998) também compartilha dessas doze regras ou características, e lista as capacidades que uma ferramenta OLAP deve possuir. A

partir dos trabalhos de Bispo (1998) e Pendse (2000), são apresentadas na tabela 3.2 um conjunto de onze características e capacidades que bem representam os sistemas OLAP:

Tabela 3.2 – Características e capacidades dos sistemas OLAP

Fonte: Bispo (1998) e Pendse (2000)

# 1	Permitir a visão multidimensional dos dados;
# 2	Realizar cálculos e análises estatísticas complexas, fazer comparações e analisar tendências;
# 3	Criar agregações e consolidações;
# 4	Construir cenários a partir de suposições e fórmulas aplicadas aos dados históricos;
# 5	Navegar com facilidade entre os diversos níveis de agregação dos dados;
# 6	Analisa dados, por meio de qualquer combinação possível entre eles;
# 7	Analisa os dados de acordo com as regras do negócio, como crescimento, mudanças, alterações e análises de mercado;
# 8	Permitir aos usuários uma grande variedade de opções de relatórios;
# 9	Trabalhar com múltiplas fontes de dados, como <i>Data Warehouse</i> , <i>Data Marts</i> , bancos de dados operacionais e outras fontes externas de dados;
# 10	Dar suporte a ambientes de <i>workgroup</i> e ambientes distribuídos;
# 11	Ter interface com diversas outras ferramentas de uso comum, como planilhas eletrônicas, geradores de relatórios, geradores de gráficos, <i>Web Browsers</i> , dentre outros.

3.3.1. Tipos de Sistemas OLAP

Bispo (1998) identificou quatro tipos de estruturas OLAP:

1. ROLAP – *Relational On-Line Analytical Processing*: O ROLAP é uma simulação da tecnologia OLAP feita em banco de dados relacionais que, por utilizar a estrutura relacional, possui a grande vantagem de não ter restrições no volume de armazenamento de dados.

2. MOLAP – *Multidimensional On-Line Analytical Processing*: O MOLAP é uma classe de sistemas que permite a execução de análises bastante sofisticadas, usando banco de dados multidimensionais. A estrutura multidimensional é chamada de cubo, onde as dimensões do cubo representam os componentes dos negócios da empresa, como modelo, departamento, tamanho, etc., e a interseção das dimensões é chamada de medida, como custo ou quantidade vendida. Apesar do termo “cubo”, o MOLAP pode trabalhar com diversas dimensões, inclusive mais que três. Este tipo de estrutura propicia ao sistema um ótimo desempenho no acesso a qualquer dado, com rapidez e um rico e complexo conjunto de funções de análise. A figura 3.5 ilustra uma estrutura multidimensional:

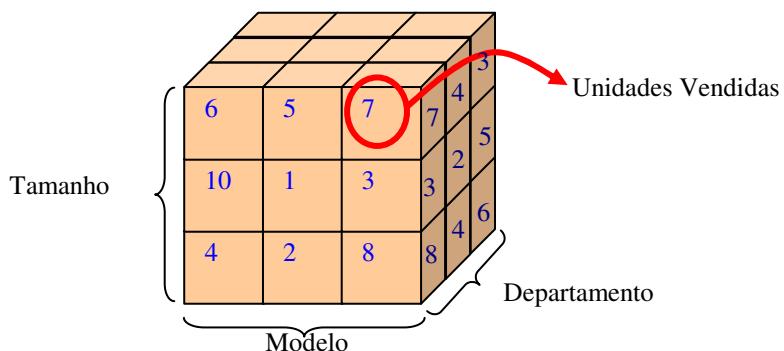


Figura 3.5. Modelo de Banco de Dados Multidimensional – Tridimensional

3. HOLAP – *Hybrid OLAP*: As ferramentas HOLAP utilizam um sistema híbrido de MOLAP e ROLAP. São inteligentes e selecionam automaticamente a tecnologia mais adequada, de acordo com a atividade que será executada, proporcionando-lhe o máximo desempenho.
4. WOLAP ou Web OLAP: Já existe a migração da tecnologia OLAP para o ambiente da *Internet*, e a nova versão da ferramenta está sendo chamada de *Web OLAP* ou WOLAP.

3.3.2. Slice and dice, drill-down e drill-up

As duas formas mais importantes de análise para os usuários de um sistema OLAP são chamadas de *slice and dice* (fatiar) e *drill-down* (aprofundar), possivelmente seguida de seu retorno *drill-up* (emergir). Com o *slice and dice*, os usuários podem “fatiar” informações consolidadas para visualizá-las a partir de várias perspectivas ao longo de qualquer dimensão. Já com o *drill-down*, os usuários podem navegar através das informações para obter mais detalhes. Durante a análise das informações, o usuário pode detectar uma exceção e, por meio do *drill-down*, pode aprofundar-se através dos níveis de dados para obter mais detalhes que o ajudem a responder perguntas “por que” sobre essa exceção. O *drill-up*, por sua vez, é utilizado para retornar-se aos níveis mais elevados da informação (SINGH, 2001).

3.4. Data Mining

O *Data Mining* ou KDD (*Knowledge Discovery in Databases* – Mineração de Dados ou Garimpagem de Dados) tem a finalidade de extrair informações valiosas de grandes quantidades de dados. Para isso, os *Data Mining* analisam os dados da empresa de forma que vão além da explicitamente armazenada, derivando deles conhecimento sobre o negócio.

Dilly (1995) apresenta diversas definições sobre o *Data Mining* e, juntando-as, pode ser apresentada a seguinte:

“Data Mining consiste na extração não-comum de informação implícita, previamente desconhecida e potencialmente útil, a partir dos dados. Estas informações são padrões, tendências e relações, e representam valioso conhecimento sobre os dados. Isto envolve um número de diferentes técnicas de abordagens, como summarização de dados,

aprendizado de regras de classificação, descoberta de redes de trabalhos dependentes, análise de mudanças e detecção de anormalidades. As informações podem ser utilizadas em áreas como sistemas de apoio à decisão, predição, previsão e estimação”.

Dilly (1995) explica que muitos dos dados históricos mantêm relação entre si, e o *Data Mining* pode descobrir padrões entre eles, sendo considerado como um catalisador para melhoria do negócio, seja evitando padrões de erros, seja desvendando padrões de sucesso. A idéia é como “encontrar ouro em lugares inesperados”, ou seja, extrair padrões previamente não percebidos ou óbvios, de tal forma que ninguém o tenha feito antes.

O processo de análise começa com um conjunto de dados, utiliza um método para adquirir o conhecimento a partir deles e, uma vez o conhecimento adquirido, este é estendido para o conjunto de dados de trabalho, assumindo que o conjunto tem uma estrutura similar à amostra. Isso é semelhante à operação de mineração, como já citado anteriormente, em que grandes quantidades de materiais de baixa qualidade são analisados com intenção de encontrar algo de valor, explica Dilly (1995). Um processo de *Data Mining*, apresentado por Dilly (1995), é composto das seguintes fases:

- Seleção: Consiste em selecionar os dados de acordo com algum critério, por exemplo, todas as pessoas que possuem um carro;
- Pré-processamento: Nesta fase, alguns dados considerados desnecessários são eliminados de forma a melhorar o desempenho da pesquisa, como o sexo quando se estuda gravidez;
- Transformação: Os dados não são meramente transportados para o local de aplicação do *Data Mining*; eles passam por uma transformação, de forma que se tornem usáveis e navegáveis;
- *Data Mining*: Nesta fase, busca-se descobrir quais são os padrões existentes no conjunto de dados;

- Interpretação e avaliação: Os padrões identificados pelo sistema são interpretados como conhecimentos, os quais podem então ser utilizados para apoiar as decisões.

O *Data Mining* trabalha com base em modelos de operação, dos quais Bispo (1998) lista cinco tipos:

- Modelo de Agrupamento: Este modelo separa os dados em grupos que contenham itens semelhantes e é útil, por exemplo, para análises de defeitos ou para identificar grupos com afinidades;
- Modelo de Descoberta de Associação: Este modelo é capaz de descobrir regras que levam à formação dos padrões e é muito aplicado no varejo, onde é utilizado para identificar afinidades de vendas entre produtos;
- Modelo de Descoberta de Seqüência: Semelhante ao modelo anterior, porém consegue situar os relacionamentos no tempo;
- Modelo de Regressão: Este modelo utiliza-se de uma série de dados existentes para fazer previsões, como previsão de vendas;
- Modelo de Predição: Este modelo é utilizado para elaborar cenários diferentes e, assim, antecipar certos resultados. Um uso típico é para a avaliação de crédito.

Small (1997) alerta que simplesmente disponibilizar um banco de dados como fonte de dados para um *Data Mining* e esperar que a ferramenta retorne informações que melhorem o desempenho do negócio não é uma forma muito eficaz de utilizá-la. É necessário ser mais específico nos objetivos para que se possam obter bons resultados. O autor diz também que o fato de se ter uma quantidade maior de dados a respeito de determinado negócio não significa que se obterá resultados melhores na análise. Um volume maior de dados somente é útil quando estes puderem contribuir gerando mais informações durante o processo de descoberta.

É altamente recomendável que o *Data Mining* seja executado sobre um *Data Warehouse*, pois a preparação dos dados é a fase que mais consome tempo neste tipo de processo de análise, explica Edelstein (1997b). Assim, quando se trabalha em conjunto com o *Data Warehouse*, são poupadados os trabalhos de coleta, limpeza e combinação dos dados, que já são realizados durante o processo de integração destes para dentro do *Data Warehouse*, complementa Edelstein (1997a).

3.5. Web Warehousing

A *Internet*, associada com as tecnologias da *Web*, tem mudado a forma como as pessoas fazem seus negócios e também influenciado como as companhias gerenciam e utilizam os seus *Data Warehouse*. A *Web* é um modelo de sucesso e os *Web browsers* oferecem excelentes exemplos de como dispor, com eficiência, *software* e acesso de dados nas organizações.

Tan, Yen, Fang. (2003) explicam que *Web Warehousing* mescla *Data Warehousing* e sistemas de BI com as novas tecnologias da *Web*. Os dados publicados na *Web* são facilmente acessíveis e idealmente apropriados para questionamentos, relatórios e análises por usuários comuns, que não possuem o conhecimento técnico do sistema. Algumas características do *Web Warehousing* são descritas pelos autores como:

- *Web Warehousing* é uma arquitetura que define um conjunto de ferramentas e processos para construir um sistema útil de *Data Warehouse* baseado na tecnologia *Web*;
- Os dados manuseados pelo *Web Warehousing* incluem, além de textos e números, também gráficos, sons, vídeo e outras formas;
- *Web Warehousing* não cria informações, apenas trabalha com elas passivamente, ou seja, não é um sistema de processamento *on-line*;

- *Web Warehousing* organiza e gerencia dados, mas não os coleta. Este é o ponto em que o *Data Warehouse* difere levemente do *Web Warehousing*. Uma vez que o princípio básico do *Data Warehouse* é identificar, coletar e armazenar as informações, um *Web Warehousing* pode ou não envolver tais tarefas;
- Os *Web Warehousing* permitem distribuição rápida das aplicações tradicionais de *Data Warehousing*, disponibilizando informações para um usuário independentemente da sua localização e horário de trabalho.

3.6. Fatores-Chave de Sucesso para a introdução do BI

A discussão dos Fatores-Chave de Sucesso (FCS) torna-se apropriada quando são considerados tanto os altos riscos de fracasso quanto os altos custos de implantação de uma ferramenta de BI, dado principalmente seu recente desenvolvimento. Furlan (1997) define os FCS como sendo aquelas poucas coisas que devem ocorrer de modo correto, ainda que em detrimento de outras que não estejam indo a contento, para alcançar os objetivos e garantir o sucesso. A lista dos FCS pode sofrer variações dependendo da ferramenta a ser abordada, mas, de maneira geral, é possível citar que é necessário que:

- Se conheça a fundo o novo assunto sobre o qual se pretende trabalhar;
- Haja planejamento e coordenação;
- Haja um canal de comunicação aberto entre todos os envolvidos no projeto;
- Haja treinamento. Não queira que o time de desenvolvimento já saiba tudo sobre o novo projeto.

Outro FCS essencial para o sucesso da mudança é dispor de um conjunto de medidas de desempenho que permitam avaliar os progressos obtidos na implantação, identificar problemas e tomar ações corretivas quando forem necessárias. O problema está

em definir o que medir, como utilizar os resultados e quais níveis de desempenho adotar. Também não é possível generalizar um único procedimento para todas as empresas, pois cada organização deve considerar suas necessidades e seus objetivos.

Tratando mais especificamente dos *Data Warehouse*, Poe, Klauer, Brobst. (1998) enumeram três FCS para sua implantação, que podem ser considerados válidos quando se fala em sistemas de BI como um todo:

- Projete o BI com o foco no negócio, não na tecnologia. Não construa um BI apenas como uma tarefa técnica ou, simplesmente, para coletar todos os dados da empresa para dentro de um grande banco de dados. Deve haver um objetivo claro e definido que justifique sua construção, prevendo inclusive ROI (*Return On Investment*). Nos BI de sucesso, não existem decisões técnicas, somente decisões de negócio;
- Execute a implantação em ciclos rápidos. Nos métodos tradicionais, o projeto é dividido em fases, em que a fase seguinte só pode ser iniciada após a conclusão da anterior. Já no BI, nem sempre é possível concluir totalmente uma fase antes de se partir para a próxima, por exemplo, a definição das telas, relatórios e consultas, pois tais especificações são interativas e não são conhecidas previamente. A solução é possuir um rápido retorno às fases usando uma metodologia de desenvolvimento iterativa, em que cada uma será repassada várias vezes numa série de refinamento;
- Inclua os usuários finais no time de implantação. A participação dos usuários é necessária para projetar decisões que permitirão ao BI atingir os objetivos do negócio. O sucesso do BI está intimamente ligado aos usuários. Se estes não aceitarem o sistema ou não o utilizarem, o BI certamente irá fracassar.

Meyer e Cannon (1998) completam a lista anterior e expõem seus FCS garantindo que, se obedecidas as regras a seguir, a maioria das armadilhas que impossibilita um sistema de ser um sucesso estará sendo evitada:

1. Defina um responsável pela implantação do sistema. Este será o coordenador e promotor do projeto;
2. Desenvolva um protótipo rapidamente para que os usuários sintam o valor da ferramenta;
3. Comece a implantação passo a passo, permitindo mudanças no projeto inicial, protegendo assim seu investimento;
4. Identifique a estrutura e o escopo do seu projeto, bem como defina as expectativas dos usuários finais;
5. Crie uma estrutura flexível, incluindo *software*, *hardware*, sistemas operacionais;
6. Avalie criticamente cada parte do *hardware*, *software* e todas as ferramentas envolvidas de forma a garantir o retorno sobre o investimento (ROI);
7. Acompanhe o projeto, envolva os usuários, meça e realize as mudanças necessárias para o sucesso do sistema.

3.7. Projeto-piloto e modelagem

O uso de projetos-piloto é bastante comum dentro das empresas, que costumam utilizá-los antes de partir para a implantação do projeto completo. Porém, é preocupante quando esses projetos falham ou demoram demais para serem concluídos, pois isso pode comprometer a continuidade do projeto como um todo e colocar em dúvida sua funcionalidade e aplicabilidade. Para evitar tais problemas, é necessário, logo de início, definir claramente a proposta e o objetivo do projeto-piloto e tratá-lo como se fosse o desenvolvimento de um projeto final, alocando os recursos necessários e um responsável que entenda da ferramenta em questão, no caso presente, do BI.

A lista de pré-requisitos para que se obtenha o sucesso pretendido na implantação do projeto-piloto de BI, apresentada a seguir, foi proposta por Poe, Klauer, Brobst. (1998) e será utilizada quando do desenvolvimento do modelo no Capítulo 4:

- Trabalhe com uma área que esteja motivada com o projeto, pois atitudes positivas e muita cooperação são uma importante ajuda em direção ao sucesso;
- Seja claro sobre os objetivos do seu BI;
- Entenda a arquitetura da área escolhida;
- Certifique-se de que a infra-estrutura técnica está disponível ou está sendo disponibilizada;
- Defina claramente as responsabilidades de cada membro do time de desenvolvimento;
- Certifique-se de que tanto os membros do time de desenvolvimento quanto os usuários entendem a diferença existente entre dados operacionais e os dados do BI;
- Consiga o treinamento correto;
- Obtenha os recursos certos;
- Escolha o *software* de análise e a interface com o usuário com base nas necessidades e habilidades deste.

A construção de modelos, por sua vez, é uma ferramenta valiosa para a avaliação do negócio e ajuda na tomada de decisão. A construção de um modelo deve ser mais rápida, fácil e barata do que a avaliação de desempenho de uma empresa física, e, para tal, deve capturar as características essenciais e o ambiente da empresa proposta. Existem, contudo, algumas questões que devem ser consideradas na criação dos modelos, como abordam Harding e Yu (1999). A modelagem total de uma empresa é uma tarefa longa e complexa, e o modelo pode acabar ficando ultrapassado. No entanto, nem sempre é necessário fazer

uma modelagem completa da empresa, pois algumas avaliações necessitam apenas de parte das informações e, neste caso, modelos parciais podem ser mais úteis do que um modelo mais complexo, explicam os autores. Os projetos de sucesso são freqüentemente criados interativamente, inicialmente a partir de pequenas quantidades de informações, que progressivamente vão ganhando detalhes.

3.8. Trabalhos científicos envolvendo BI e/ou chão-de-fábrica

As publicações e aplicações envolvendo BI, atualmente, são mais freqüentes nas áreas de comércio, *marketing* e finanças, puxadas principalmente por empresas varejistas, bancos e seguradoras, que já perceberam os benefícios desta tecnologia para os seus negócios. No entanto, quando se fala em medição de desempenho no chão-de-fábrica, as referências envolvendo BI são ainda bastante escassas. Este fato se deve, talvez, à falta de percepção da possibilidade deste tipo de aplicação e seus benefícios à área, o que pode estar sendo causado pela falta de conhecimento mútuo das partes operacionais e de TI (Tecnologia da Informação) da empresa. Ou seja, é provável que o gerente do chão-de-fábrica não conheça as tecnologias de informática relacionadas ao BI e que as equipes de TI não conheçam detalhes do chão-de-fábrica. Outro fator determinante para este desequilíbrio é a relação entre o tipo de aplicação e o potencial ganho financeiro, algo que está bastante claro quando se fala em comércio, banco ou seguradoras, mas que não é tão fácil de mensurar quando se fala em chão-de-fábrica.

Alguns trabalhos encontrados na literatura e relacionados à proposta desta tese serão apresentados a seguir. A relação começa com Pancucci (1997). O autor fez, na época, uma previsão sobre algumas possibilidades de desenvolvimentos dos *Data Warehouses* nas empresas, inclusive sobre sua integração com a *Internet*. O uso da

tecnologia da *Web* poderia permitir a inclusão de um *Supply Chain* junto ao *Data Warehouse* e fornecer informações sobre programação da produção e de embarques. Conforme o autor, seria possível também obter uma grande sinergia utilizando-se um *Data Warehouse* integrando produção, varejistas, clientes e fornecedores, que poderiam obter uma grande visibilidade dos eventos-chave. No entanto, Anahory apud Pancucci (1997; p.27) afirmou que o uso deste *Data Warehouse* estava mais voltado ao controle de informações externas à empresa do que ao controle de informações geradas internamente, o que diverge da proposta desta tese, que é a de desenvolver uma aplicação interna no chão-de-fábrica.

Na seqüência, uma proposta mais próxima do chão-de-fábrica vem de Dilger (1999), com o MES (*Manufacturing Execution System*), já apresentado no Capítulo 2, item 2.2.3 desta pesquisa. O MES atua no gerenciamento do dia-a-dia, alimenta a administração com dados de desempenho e ainda trabalha como um armazém de dados, mantendo informações sobre todas as atividades do chão-de-fábrica, gerenciamento do processo e qualidade. O sistema mantém bancos de dados de 18 meses, capazes de rodar relatórios de tendências e medidas de desempenho, utilizados por gerentes e supervisores. O sistema possui preocupação com o chão-de-fábrica, enxerga que existem muitos ganhos e perdas potenciais na área, é capaz de relacionar máquinas e defeitos e consegue traçar relacionamentos entre fatores que podem afetar a qualidade, como temperatura, horário e operador. Embora o autor classifique o MES como uma base de conhecimento, de acordo com a argumentação realizada no Capítulo 2, item 2.5 desta tese, o MES consiste na verdade em uma base de informações. No entanto, na descrição da ferramenta, o autor não faz referências às ferramentas de BI apresentadas neste capítulo e, desta maneira, a proposta de Dilger (1999) revela-se distinta da proposta deste trabalho. O MES, por outro lado, seria um ótimo gerador de dados para alimentar o *Data Warehouse*.

Outra aplicação é mostrada por Harding e Yu (1999). No trabalho deles, os autores argumentam que dentro de uma fábrica existe um grande interesse nas informações sobre

desempenho. Primeiro, porque os relatórios mostram se a empresa não está tendo um desempenho adequado em algum caminho, portanto falhando em atingir os objetivos do negócio, o que pode levar a um re-projeto do negócio. Segundo porque os dados históricos de desempenho de um determinado processo ou recurso, como histórias de fracassos ou tempos operacionais, podem ser utilizados em simulações para previsões de desempenho em cenários supostos, como “o que aconteceria se...”. Assim, Harding e Yu (1999) apresentam o FDM (*Factory Data Model*) para trabalhar em paralelo com o *Data Warehouse*.

Tanto o *Data Warehouse* quanto o FDM são modelos de informação: o FDM é um modelo do negócio ou da empresa propriamente dito, enquanto o *Data Warehouse* representa as informações que a empresa utiliza ou tem utilizado para “tocar” seu negócio. Assim, esta união pode produzir relatórios que mostram quão bem está o desempenho da empresa. Ambas as bases de dados existem para prover o gerente com informações que o auxiliem em suas decisões. Enquanto um *Data Warehouse* deve estar o mais completo possível, um FDM nunca está completo; ele está constantemente em evolução e a qualquer momento pode apresentar uma representação da fábrica desejada. Em ambos os sistemas, é importante que as informações estejam integradas, pois não pode haver ambigüidade nas informações utilizadas. A principal diferença entre o trabalho de Harding e Yu (1999) e o desta tese é que os autores trataram do desempenho da empresa como um todo, enquanto esta tese está direcionada especificamente ao chão-de-fábrica.

Com o objetivo de mostrar a importância e os ganhos da coleta automática dos dados gerados no chão-de-fábrica, Favaretto (2001) também aponta o *Data Warehouse* como a ferramenta mais adequada para o armazenamento de dados da área. O *Data Warehouse* é adequadamente aplicável quando o volume de dados for muito grande e a sua recuperação, através de pesquisas, deva ser feita de forma rápida, sem comprometer o desempenho dos sistemas OLTP. No modelo conceitual de gestão da produção, proposto por Favaretto (2001), que contém os processos Gerir Demanda, Planejar Produção,

Programar Produção, Produzir, Controlar Produção e Analisar Dados de Produção, é proposto o uso do *Data Warehouse* para armazenamento dos dados em um ou mais de seus sub-processos, como mostra a figura 3.6.

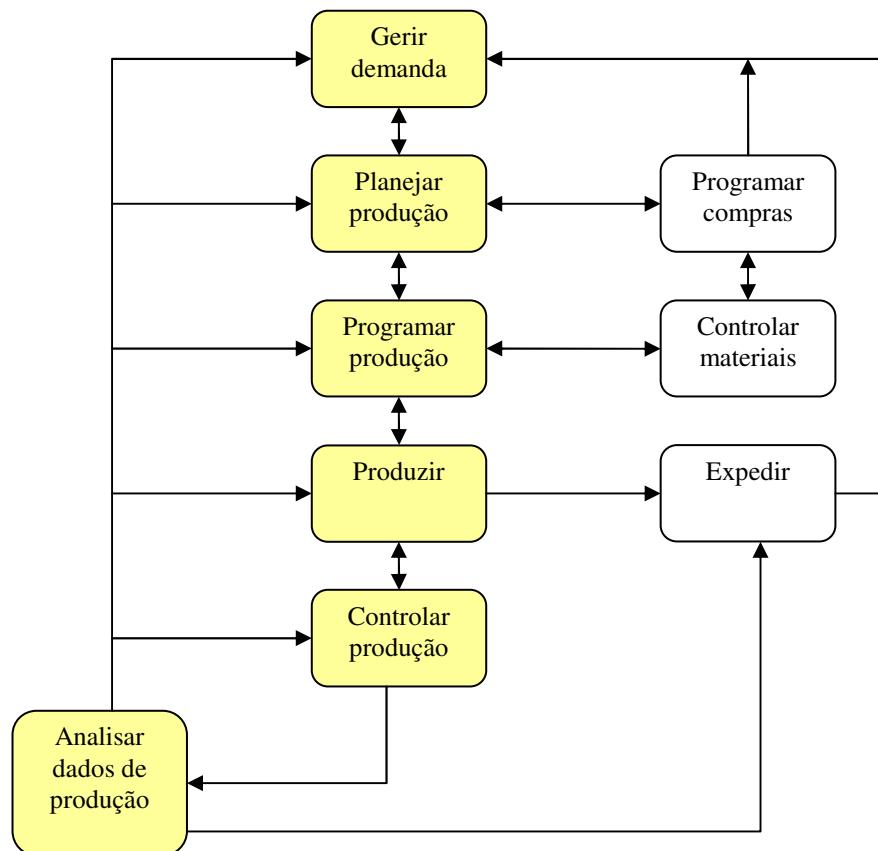


Figura 3.6. Modelo Conceitual de Gestão da Produção

Fonte: Favaretto (2001, p. 78)

O modelo de Favaretto (2001) não detalha, no entanto, quais dados devem ser coletados no chão-de-fábrica, como transferi-los para o *Data Warehouse* e quais informações poderiam ser obtidas a partir deles quando em execução os processos de Produzir e Analisar Dados de Produção. O autor também não especifica outra ferramenta de BI, como o OLAP ou *Data Mining*, para extrair as informações do *Data Warehouse*, mas deixa isto subentendido ao dizer que o usuário pode criar e padronizar seus relatórios, de

forma rápida e fácil, eliminando a necessidade de pessoal qualificado em informática, características típicas de um sistema OLAP.

Nagai et al. (2001) propõem, em seu trabalho, a utilização de um *Data Warehouse* para armazenamento dos indicadores de desempenho do chão-de-fábrica, visando obter relatórios operacionais a respeito das operações e da situação da fábrica. Conforme os autores, nas empresas de manufatura, a administração do chão-de-fábrica é um dos principais processos de negócios, porém, em alguns setores, a complexidade e a quantidade de informações são muito elevadas e acabam por dificultar a percepção das atividades. Desta forma, a visão gerencial sobre o chão-de-fábrica é imprecisa ou incompleta, os dados são de baixa confiabilidade e os indicadores de desempenho são inefficientes. Também a sumarização das informações é, muitas vezes, superficial e demorada, tornando esse gerenciamento lento e ineficaz para a tomada de decisões. Como proposta para melhorar esta situação, Nagai et al. (2001) propõem a coleta automática de dados no chão-de-fábrica e o uso de tecnologias computacionais de *Data Warehouse* e OLAP para tratamento dos dados e geração de informações, utilizando para tal o SQL Server 7 e o OLAP Services. Dentro do trabalho, seus autores montam um cubo de Desempenho de Produção.

Dentro do mesmo cenário de Nagai et al. (2001), está o trabalho de Bond et al. (2001), porém com um enfoque mais voltado aos indicadores de desempenho do chão-de-fábrica do que à tecnologia empregada para a construção do *Data Warehouse*, OLAP ou BI.

Os trabalhos de Favaretto (2001), Nagai et al. (2001) e Bond (2001) estão bastante próximos da proposta desta tese, mas, por não se aprofundarem nos detalhes relativos ao BI nos seus respectivos modelos, ou mesmo, por não executarem uma aplicação destes modelos, não são considerados concorrentes mas sim complementares a esta tese, principalmente no que diz respeito ao processo automático de coleta de dados.

Sharif (2002) trata, em seu trabalho, da necessidade de se projetar uma solução técnica para suportar a arquitetura do sistema de informações utilizado para gerenciar o desempenho da organização. Dentro de arquitetura devem ser considerados os dados, informações, processos, fontes, acessibilidade, segurança e relevância do sistema, e como solução técnica podem ser utilizados *MIS*, *EIS*, *DSS*, *Intranet*, *Extranet*, sistemas de gestão do conhecimento, *BI*, *ERP* entre outras tecnologias. O autor diz que existem muitas ferramentas disponíveis comercialmente que são capazes de desenvolver e implementar sistemas de gestão de desempenho. Segundo Sharif (2002), a maioria dessas ferramentas está baseada em tecnologias de *Data Mining* e *Data Warehouse*, classificadas, de modo geral, como *Business Intelligence*. Essas aplicações são reconhecidas pela versatilidade e facilidade de uso que apresentam aos usuários, dando a eles a capacidade de realizar pesquisas entre as diversas bases de dados por meio do uso de tecnologias OLAP, tal que forneçam informações significativas e dentro de um contexto desejado. O principal diferencial entre o trabalho de Sharif (2002) e o trabalho desta tese é que o autor não faz qualquer consideração específica ao chão-de-fábrica. Ao falar de gestão de desempenho, o autor trata o assunto sempre de modo geral.

Abdel-Maksoud (2004), complementado por Abdel-Maksoud *et al.* (2005), num trabalho especificamente voltado para o chão-de-fábrica, fizeram uma extensa pesquisa entre empresas de manufatura do Reino Unido (UK). O objetivo da pesquisa foi o de identificar quais eram os indicadores não-financeiros de desempenho utilizados no chão-de-fábrica e analisar se a existência e a importância desses indicadores eram afetadas pelo uso de tecnologias avançadas de manufatura, práticas gerenciais inovadoras, envolvimento dos funcionários, treinamento de funcionários e aspectos competitivos de mercado. Diversas análises estatísticas são apresentadas com esta finalidade. A pesquisa foi realizada por meio de questionários envolvendo 2242 empresas de manufatura do Reino Unido, dentre as quais, foi obtido um retorno de 313 respostas. Embora tecnologias como *Computer Aided Design* (CAD), *Computer Aided Manufacturing* (CAM), *Flexible*

Manufacturing Systems (FMS) e *Computer Integrated Manufacturing* (CIM) e práticas gerenciais como *Just-in-Time* (JIT), *Total Quality Management* (TQM), MRP, *Optimized Production Techniques* (OPT) e ERP tenham sido abordadas no estudo, não houve qualquer menção às ferramentas de BI para gerenciar os indicadores de desempenho, como propõe o trabalho desta tese.

3.9. Considerações finais

Devido ao tema desta pesquisa tratar da aplicação de um modelo de BI, a inclusão deste capítulo foi necessária ao seu conteúdo para estudar os conceitos e os métodos de trabalho deste tipo de sistema. Desta forma, foram abordados os sistemas MIS, EIS e SAD, destacando-se suas particularidades, funcionalidades e evolução, até chegar aos atuais sistemas BI e suas novas ferramentas: *Data Warehouse*, OLAP e *Data Mining*, as quais também foram descritas e detalhadas. O modelo proposto no Capítulo 4 utiliza-se de todos os elementos que aqui foram estudados, começando com o desenvolvimento do *Data Warehouse*, passando pela integração dos dados, *Metadados*, Esquemas Estrela e *Snowflake*, *Data Mart*, OLAP até a aplicação de um *Data Mining*. Sem o domínio do conceito e metodologia de uso de cada uma destas ferramentas, o modelo e a aplicação final, descritos nos próximos capítulos, certamente estariam comprometidos.

A discussão sobre os FCS também é importante para quando se pretende ingressar em um negócio novo, no caso deste trabalho, o BI. Os FCS são regras experimentadas e aprovadas e podem aumentar significativamente as chances de sucesso. Vários destes FCS foram considerados na elaboração e implementação do modelo de BI para o chão-de-fábrica, como poderá ser verificado nos Capítulos 4 e 5.

Concluindo o capítulo, foi feita uma breve revisão sobre trabalhos científicos cujo foco está relacionado ao desta tese. Conforme discutido neste ponto do trabalho, não foram encontrados trabalhos coincidentes ou concorrentes ao proposto aqui, deixando então aberta uma lacuna de conhecimento que será trabalhada a partir do Capítulo 4 e implementada no Capítulo 5.

Capítulo 4

Modelando o BI no chão-de-fábrica

4.1. Metodologia de pesquisa científica

O procedimento adotado na condução desta pesquisa foi baseado e estruturado a partir do estudo dos trabalhos de Fleury e Vargas (1983), Marconi e Lakatos (1982), Vargas (1985), Lakatos e Marconi (1992) e Bastos (1996), por serem obras reconhecidas na área de metodologia de pesquisa científica.

A começar pela classificação, esta pesquisa pode ser designada como:

- Aplicada, pois tem interesses práticos cujos resultados podem ser aplicados ou utilizados imediatamente na solução de problemas reais. A pesquisa demonstra que é possível definir um adequado conjunto de indicadores de desempenho para o chão-de-fábrica e utilizar os dados já gerados como matéria-prima para um sistema BI com o intuito de gerar informações para apoio de tomadas de decisão;
- Experimental, pois utilizou dados e conhecimento provenientes de situações reais com o objetivo de aplicar ou mudar uma situação. Estes dados tiveram seu conteúdo preservado, porém precisaram ser formatados para ficarem compatíveis com o modelo proposto. Também foi necessário lançar mão de simulação para gerar alguns dados que não havia no histórico da empresa-alvo, mantendo, porém, a compatibilidade com uma situação real. Desta forma, foi possível testar o experimento proposto e com sucesso.

O método utilizado foi o dedutivo, que partiu do conhecimento prático e específico de uma área industrial e foi em direção de uma solução geral. Aliando-se o conhecimento sobre chão-de-fábrica com o estudo sobre os recentes desenvolvimentos dos sistemas de

informação, foi deduzido um modelo geral para se disponibilizar adequados indicadores de desempenho para o chão-de-fábrica suportados por um sistema de *Business Intelligence* (BI).

O plano de pesquisa adotado foi definido a partir da adequação dos diversos planos dos diversos autores já citados, e seguiram a seguinte seqüência:

1. Definição do problema;
2. Coleta, análise e processamento de dados;
3. Formulação e análise dos resultados;
4. Conclusões da pesquisa e
5. Elaboração do relatório.

4.1.1. Definição do problema

No caso desta pesquisa, o problema, que é o obstáculo ou pergunta que necessita de uma solução, pode ser resumido em:

Como gerar e disponibilizar informações estratégicas ao gerente ou tomador de decisões do chão-de-fábrica tal que o auxiliem na condução do seu trabalho diário e nas melhorias necessárias à área, possibilitando ao mesmo atender as necessidades e expectativas dos seus clientes?

É necessário, após a definição do problema, avaliar o seu valor em termos de:

- Viabilidade: O problema pode ser eficazmente resolvido por meio da pesquisa, portanto é viável;
- Relevância: A solução para resolução do problema é relevante, pois traz novos conhecimentos, considerando-se inclusive que não foram encontradas propostas iguais à desta pesquisa na literatura científica;
- Novidade: Conforme levantamento bibliográfico, o assunto está compatível com o atual estágio da evolução científica, pois trata de problemas que hoje ocorrem

dentro das empresas de manufatura, e para cuja solução são utilizadas ferramentas recentes de TI (Tecnologia da Informação). Portanto, pode ser considerado novidade;

- Exeqüibilidade: Com base no que foi visto na literatura científica e conhecendo-se os recursos tecnológicos disponíveis atualmente, é possível chegar a uma conclusão válida para a resolução do problema, que, portanto, é exeqüível;
- Oportunidade: O estudo do problema é oportuno, pois atende a interesses de empresas do gênero abordado em geral.

4.1.2. Coleta, análise e processamento de dados

O passo inicial da coleta de dados foi a pesquisa bibliográfica, cuja proposta foi a de fazer um levantamento e descrição dos principais trabalhos realizados a respeito dos temas Sistemas de Informação e Sistemas de Apoio à Decisão e/ou *Business Intelligence*. Dentro de cada tema foram descritos os conceitos e as ferramentas que são abrangidas por eles, como os sistemas ERP, indicadores de desempenho, *Data Warehouse*, OLAP, *Data Mining*, aplicações no chão-de-fábrica entre outros, de forma a desenvolver os subsídios necessários para desenvolvimento do modelo proposto e a sua implementação, bem como permitir ao leitor um entendimento suficiente a respeito do assunto, sem que para tal seja necessário consultar outras fontes, salvo quando for de interesse deste obter um conhecimento mais profundo em algum dos temas.

Além da pesquisa bibliográfica, outros tipos de dados também foram necessários para a realização dela. O segundo tipo de dado necessário foi sobre os problemas técnicos enfrentados no ambiente investigado e que motivaram a pesquisa. Esses dados, ou melhor, informações, foram obtidos por meio da interação com a área de chão-de-fábrica de uma empresa específica. Também foi utilizado um terceiro tipo de dado, os quantitativos. Para

tal, foi feito um levantamento de dados reais gerados no chão-de-fábrica de uma empresa em particular e também foram simulados os dados para os quais não havia histórico a respeito. Este terceiro tipo de dado, o quantitativo, foi utilizado para testar o modelo proposto como solução ao problema descrito no item 4.1.1.

4.1.3. Formulação e análise dos resultados

Esta fase do plano será executada quando da elaboração e teste do modelo proposto, que se dará na seqüência deste capítulo (Capítulo 4) e no capítulo seguinte (Capítulo 5). Durante esta fase, será avaliada a capacidade do modelo proposto frente às expectativas discutidas na introdução e revisão bibliográfica. Para tal, lançar-se-á mão de situações comuns do dia-a-dia de uma área de chão-de-fábrica e possíveis formas de resolução dos problemas, sempre com base no modelo em questão. Será possível então analisar se os resultados são compatíveis com a proposta ou se será necessário algum ajuste nesta.

4.1.4. Conclusões da pesquisa

A conclusão da pesquisa, que está no Capítulo 6 desta tese, deve responder às seguintes questões:

- Qual foi a contribuição do trabalho?
- De que forma o estudo ajudou a resolver o problema original?

- Quais novas lacunas de conhecimento foram detectadas e que podem ser estudadas em trabalhos futuros?
- Que conclusões e implicações teóricas podem ser extraídas do estudo?
- A conclusão responde às expectativas apresentadas na introdução?

4.1.5. Elaboração do relatório

O relatório é o meio utilizado para documentar a pesquisa, desde o planejamento, levantamento de dados, modelagem, resultados até a sua conclusão. O relatório, propriamente dito, é a presente tese.

4.2. Características do chão-de-fábrica

O chão-de-fábrica é uma área dinâmica, onde as mudanças precisam ser constantes para conseguir atender as exigências dos *stakeholders*, sejam eles clientes comerciais, empregados, proprietários e acionistas, a sociedade ou fornecedores. Assim, para sobreviver, o chão-de-fábrica precisa ser também flexível. Dentro desse ambiente, a variedade e quantidade de produtos, pessoas, equipamentos e processos que interagem entre si é alta e, por isso, requerem um número cada vez maior de controles. Os controles, por sua vez, representam uma forma de se garantir a conformidade, prazo e custos dos produtos e processos produtivos, e, ainda, de se direcionar esforços de melhorias.

Os controles podem direcionar a pelo menos três tipos de ações: imediatas, preventivas e de melhorias. Normalmente os controles diários requerem ações imediatas, com fins corretivos, de forma a manter o processo produtivo dentro do nível planejado.

Ações demoradas ou atrasadas no dia-a-dia, relacionadas à qualidade ou produtividade, podem comprometer os resultados da empresa devido às perdas com sucatas, retrabalhos e atraso nos prazos. Esta demora, por sua vez, poderá comprometer o faturamento (custo mais elevado) e a imagem (satisfação do cliente) da empresa.

Como consequência desses controles que direcionam a ações imediatas, é gerada uma grande quantidade de dados, cujo maior problema para os sistemas convencionais de armazenamento, seja em mídia eletrônica, seja em papel, está em como administrá-los após seu uso imediato. Para se ter uma idéia dessa quantidade, tome-se, como exemplo didático, uma empresa que produza 1000 peças/hora distribuídas em 10 células diferentes, trabalhe em 2 turnos de 8 horas cada, fabrique 10 tipos de produtos diferentes e atinja uma rejeição interna de 1000 PPM. Ela produzirá em torno de 5796 registros por mês no chão-de-fábrica, conforme mostram as contas a seguir:

- Dados de Produção = 10 (células) X 2 (turnos) X 10 (produtos) = 200 registros de produção por dia
- Dados de Qualidade = 1000 (peças/hora) X 16 (horas por dia) X 1000 PPM = 16 registros de defeitos por dia
- Dados de horas-perda = 2 (motivos de perda) X 10 (células) X 2 (turnos) = 40 registros de horas-perda por dia
- Eventos = 1 (evento significativo) X 10 (células) X 2 (turnos) = 20 registros de eventos por dia
- Total de registros por dia = 276
- Total de registros no mês (21 dias úteis) = 5796

Com tal volume de dados, fica praticamente impossível obter informações relevantes e em tempo hábil sobre as ocorrências e tendências do negócio, caso não se tenha disponível uma ferramenta que sistematize e organize a recuperação dos dados. Imagine,

então, esta quantidade de dados armazenada ao longo de um ano: $12 \times 5.796 = 69.552$ registros.

O problema nesse tipo de situação, ou melhor, a possibilidade de ganho, reside no fato de que, após a utilização desses dados para o direcionamento das ações imediatas sobre o processo produtivo, eles, geralmente, são arquivados ou até descartados, sem a preocupação de que possam vir a ser utilizados como fonte de informações sobre o desempenho da área. Estes dados, por outro lado, se devidamente tratados, podem se transformar em importantes indicadores de desempenho sobre a área, principalmente quando se considerar os outros dois tipos de ações: as preventivas e as melhorias.

Quando se fala em prevenir ou melhorar, é necessário, inicialmente, saber qual é a situação atual e, na sequência da ação, é necessário que se acompanhe a evolução dos resultados para saber se está havendo progresso ou retrocesso. Tal raciocínio aplica-se aos mais diversos tipos de ocorrências do setor, como retrabalhos, refugos, perdas, produtividade, entre outros. Esses indicadores de desempenho também são importantes quando se deseja conhecer o histórico do processo para, por exemplo, realizar trabalhos de melhorias apoiados por ferramentas como FMEA, PDCA, Seis Sigma ou Simulação. Esses trabalhos sempre partem do conhecimento histórico da característica que se quer estudar e, após a implantação de cada ação proposta, devem permitir que se avalie se houve melhora ou não com a mudança.

Já a forma como estão armazenados (papel, mídias eletrônicas, redes de computadores, *Intranet*, entre outros) e por quanto tempo é importante para a definição da maneira de como se dará a sua recuperação. As opções para compilação, por sua vez, são bastante amplas e estão relacionadas diretamente aos recursos que cada empresa possui e à importância que ela dá ao assunto. Algumas das formas possíveis de compilação dos dados são:

- Manual;

- Por meio de uma planilha eletrônica do tipo do Excel;
- Por meio de um *software* específico, comprado ou desenvolvido internamente;
- Por meio de módulos específicos de sistemas ERP dedicados à análise dos dados ou, ainda,
- Por meio de *software* de BI, integrados ou não a um ERP.

Deve-se observar que, quanto mais automatizado o processo de compilação, mais rápido e seguro ele será, porém mais caro também. A figura 4.1 dá uma idéia do custo versus benefício de cada opção.

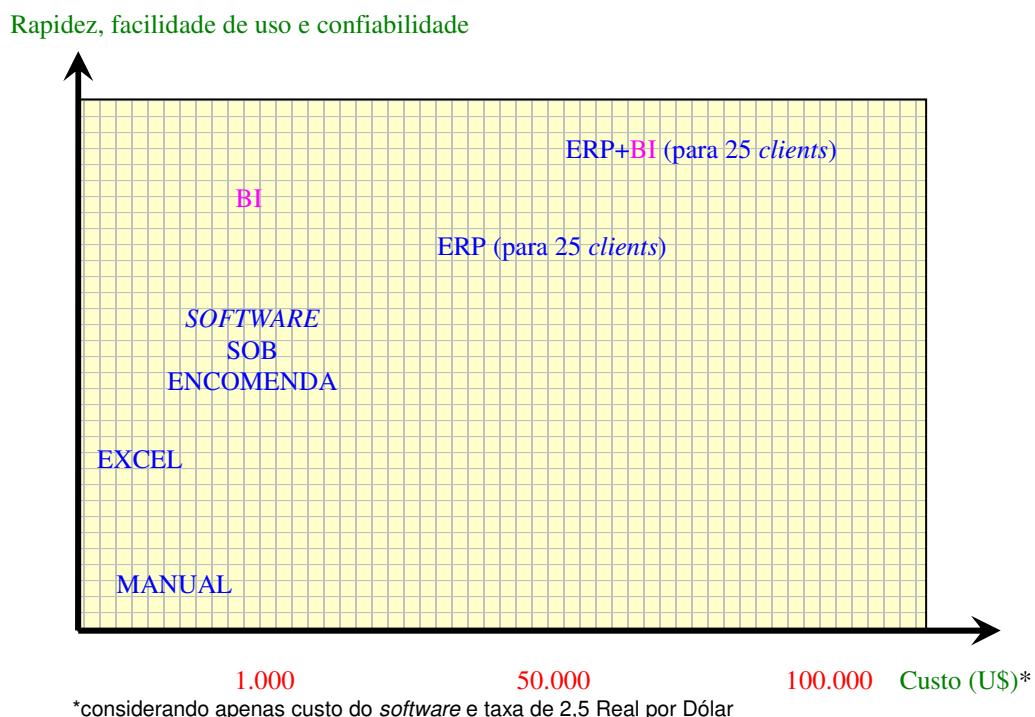


Figura 4.1. Custo versus benefícios das formas de compilação dos dados

No caso desta tese, a opção é pela utilização de *software* de BI, dada sua boa relação de custo versus benefício quando comparada com as demais opções. Ainda relacionado à figura 4.1, esta apresenta tanto o BI isolado quanto ele integrado ao ERP. No

primeiro caso, o BI pode simplesmente ser aplicado sobre a base de dados já existente na empresa, bastando para tal integrar os dados, conforme apresentado no Capítulo 3. Já o BI integrado ao ERP, por sua vez, melhorará a confiabilidade do sistema devido à integração de ambos, permitindo obter dados mais seguros, diretamente da fonte operacional. O custo da solução integrada, no entanto, é bastante superior quando comparada à do BI isolado. A tabela 4.1, logo a seguir, dá os valores exatos dos custos para cada solução, bem como suas fontes.

Tabela 4.1 – Custo de *software* e sistemas de gestão

Solução	Custo*	Obs	Fonte
Excel 2003 português	R\$ 773,00	1 licença	Brasoftware – http://www.brasoftware.com.br , 02/05/2005
BI - SQL Server Enterprise 2000	R\$ 37.745,00	25 <i>clients</i>	Brasoftware – http://www.brasoftware.com.br , 02/05/2005
ERP - SAP	US\$ 2.000,00	Por <i>client</i> , fora taxa de manutenção	Informal
Manual	R\$ 8.652,00	Salário de um ano de um Auxiliar de Escritório	Tabela de Salários, Data Folha, 26/06/2005 – R\$ 721,00 sem encargos.

*considerando apenas custo do *software* e taxa de 2,5 Real por Dólar

4.3. O modelo proposto

O modelo proposto tem como finalidade utilizar os dados gerados exclusivamente no chão-de-fábrica durante o processo produtivo e disponibilizar, por meio de um sistema de BI, indicadores de desempenho para auxiliar o gerente da área na tomada de decisões. Ele está integralmente apoiado nos conceitos de Sistemas de Informação e de BI, já apresentados nos Capítulos 2 e 3 desta da tese. As seguintes considerações devem ser observadas para os sistemas de BI que se encaixam na proposta desta tese:

- São sistemas disponíveis comercialmente e facilmente configuráveis aos sistemas em uso dentro da empresa, o que elimina o vínculo da empresa com programadores autônomos de soluções;
- São sistemas de fácil utilização, permitindo ao gerente do chão-de-fábrica ou outro tomador de decisão operá-lo sem o conhecimento prévio da sua estrutura interna, como banco de dados, tabelas, cubos ou relacionamentos;
- Podem ser aplicados aos dados já disponíveis na área, bastando prepará-los para tal, o que permitirá à empresa já tirar proveito do sistema ao invés de precisar aguardar um longo tempo para formação da base de dados. Os dados podem estar em bancos de dados - do tipo DBF (*Data Base File*), Access, Oracle, SQL ou outros – em planilhas tipo EXCEL ou até mesmo em papel – o problema do papel está em como controlá-lo e inseri-lo para dentro do banco de dados, processo este que deverá ser manual. Esta atitude ajudará, inclusive, a superar as resistências normais existentes da fase de implantação, conquistando adeptos para o novo sistema;
- São sistemas de custos inferiores (ver figura 4.1) quando comparados a sistemas ERP, principalmente se considerado que alguns deles já podem até fazer parte do pacote de banco de dados utilizado pela empresa, como no caso do SQL Server 2000 da Microsoft ou o Oracle;
- Permitem fácil integração aos atuais sistemas ERP, que são a tendência de evolução dos sistemas de gestão – do ponto de vista de sistemas, esta é a melhor solução;

- Podem, por outro lado, também ser integrados aos sistemas de geração anterior aos ERP, não obsoletando tais sistemas nem exigindo *up-grades* ou investimentos;
- São sistemas flexíveis, que permitem a montagem interativa dos relatórios, possibilitando mesclar e selecionar itens de controle, muito adequado a questões *ad-hoc*. Uma das causas do fracasso de implantações de Sistemas de Medição de Desempenho, apontada por Neely e Bourne (2000), está no excesso de medições e relatórios que muitos sistemas apresentam, mas que, por fim, os gerentes acabam não analisando ou tomando ações efetivas sobre suas informações. A disponibilidade de um sistema interativo, do tipo do BI, permitirá que o gerente formule seus relatórios com informações que realmente lhe interessam naquele momento e vão lhe agregar valor;
- A maior parte das pessoas é capaz de raciocinar facilmente considerando-se até sete itens ou grupo de itens – no caso deste trabalho, dimensões – e uma forma de aumentar esse número se dá por meio da agregação de dados, explica Jacobson (2000), e agragar dimensões é algo facilmente conseguido por meio de sistemas OLAP/BI.

Assim, resumidamente, as justificativas para o uso de um sistema de BI para realização destas tarefas estão relacionadas à capacidade destes sistemas em recuperar e estruturar, facilmente, informações a partir de grandes quantidade de dados, agilizando a sua recuperação e liberando os sistemas OLTP para realização das transações operacionais da empresa.

Para a definição dos indicadores de desempenho do chão-de-fábrica de uma empresa metal-mecânica, que esteja dentro do escopo apresentado no Capítulo 1 – alta variedade, alto volume de produção, controles intensos de ordens, eficiência, qualidade e perdas – e que sejam baseados em dados históricos do processo produtivo, serão tomados como referência a lista apresentada por Abdel-Maksoud (2004), a tabela 2.1 e o mapa de relacionamento da figura 2.5, todos abordados no Capítulo 2, item 2.3.1. A partir da figura 2.5, foi elaborada, especificamente para o chão-de-fábrica, a figura 4.2. A tabela 2.1, com o

intuito de facilitar a condução da leitura, será reapresentada na seqüência como tabela 4.2, e a lista sobre a qual, segundo o autor, se baseiam os indicadores de desempenho do chão-de-fábrica de empresas líderes na Europa, Japão e EUA é apresentada logo abaixo:

- Entregas no prazo;
- Qualidade do produto;
- Satisfação do cliente;
- Moral do funcionário;
- Eficiência e utilização e
- Desenvolvimento do produto.

Tabela 4.2 - Necessidades e expectativas dos clientes

Fonte: adaptado e ampliado a partir de Bititci (1994, p. 20)

	<i>Stakeholders</i>				
	Clientes Comerciais	Empregados	Proprietários e Acionistas	Sociedade	Fornecedores
Necessidades e expectativas	Qualidade Confiabilidade Cumprimento de prazos Qualidade no atendimento antes e pós venda Mínimo custo de propriedade Preço atrativo Produto tecnologicamente atual	Satisfação no trabalho Segurança no trabalho Perspectiva de crescimento na carreira Moral elevada Ambiente agradável Sentimento de pertencer Reconhecimento	Retorno do investimento Máxima produtividade Previsões de lucro acertadas Alcance das metas	Atendimento da legislação Prevenção e eliminação dos danos ambientais Pagamento de impostos	Trabalho em parceria Uso correto do seu produto Recebimentos em dia Sigilo industrial

A figura 4.2, que foi baseada na figura 2.5, na lista de Abdel-Maksoud (2004) e na experiência obtida no chão-de-fábrica de uma empresa em particular, mostra diversas relações de causa-e-efeito no chão-de-fábrica. A partir deste mapa, é possível avaliar qual

será o impacto de uma determinada ação tomada sobre determinado assunto. É importante observar as múltiplas consequências relacionadas às possíveis ações. Por exemplo, uma ação tomada para melhorar máquinas e dispositivos terá repercussão nas horas perdidas, nos refugos e rejeições e na qualidade dos produtos. Estão destacados na figura 4.2 o objetivo final do diagrama (para onde este levará – em verde), que deve estar em sintonia com o objetivo da área, e o local de implementação dos indicadores de desempenho (em amarelo), de tal maneira que permitam avaliar se estão sendo tomadas as ações corretas para se atingir o objetivo da área.

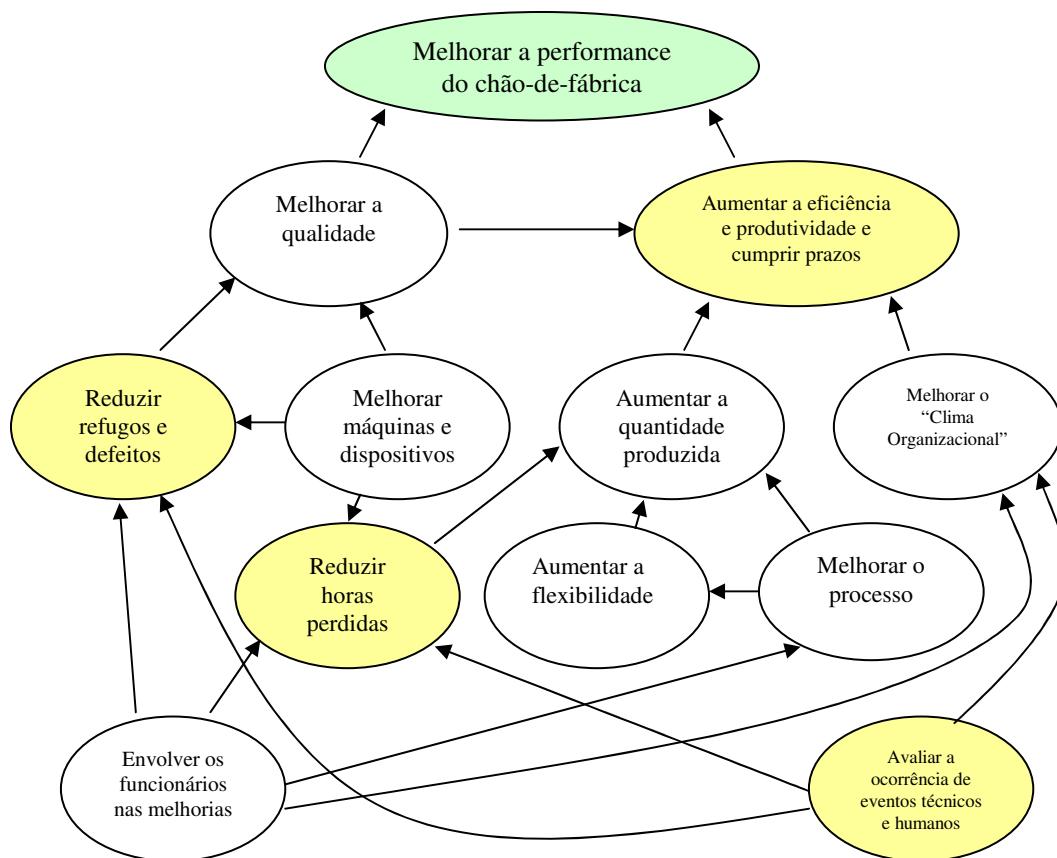


Figura 4.2. Mapa de relacionamento do chão-de-fábrica

Finalmente, a partir da tabela 4.2 e da figura 4.2, foi elaborada a matriz de causa-e-efeito, mostrada na tabela 4.3, considerando-se como efeitos as necessidades e expectativas dos *stakeholders* e como causas os indicadores de qualidade, produção,

horas-perda e eventos. Dentro desta tabela (4.3), verifica-se que as causas vão influenciar mais do que um efeito simultaneamente, por isso é necessário entender do que realmente elas tratam, conforme apresentado a seguir:

- Produção: Dentro desta causa estão, além da própria quantidade produzida, também a eficiência e a pontualidade. Estas, por sua vez, estão diretamente relacionadas ao aproveitamento dos recursos disponíveis, tanto humanos quanto de equipamentos, e podem ser calculadas, basicamente, comparando-se os resultados obtidos com os planejados.
- Qualidade: Esta causa está relacionada aos defeitos e refugos gerados no processo produtivo, que por sua vez são uma amostra dos tipos de defeitos que tendem a chegar às mãos do cliente. Esta afirmação leva em consideração que nenhum filtro é perfeito e que portanto, parte daquilo que é detectado nos filtros internos acaba escapando para o mercado;
- Horas-perda: Estão relacionadas a esta causa todas as perdas de tempo de produção causadas por situações não planejadas ou não previstas no tempo-padrão de fabricação;
- Eventos: Este é um indicador inovador e uma das principais contribuições desta tese. Evento, aqui, é considerado como tudo aquilo que ocorreu fora do planejado e que pode afetar os resultados de produção, qualidade e horas-perda, citados anteriormente. Como indicador, ele possibilita monitorar, de uma maneira até então ainda não abordada na literatura científica, a influência de todos os eventos ocorridos na área sobre os demais indicadores de desempenho: produção, qualidade e horas-perda.

Tabela 4.3 - Matriz de causa-e-efeito: Indicadores de Desempenho propostos para o chão-de-fábrica X Necessidades e Expectativas

Efeito	Causa	Indicadores de Desempenho propostos para o chão-de-fábrica				
		Qualidade	Produção	Horas-perda	Eventos	
Legenda:						
“++” = Forte relação						
“+” = Possível ou fraca relação						
“ ” = Não há relação						
Clientes Comerciais	Qualidade	++			+	
	Confiabilidade	++			+	
	Cumprimento de prazos	+	++	++	+	
	Qualidade no atendimento antes e pós venda					
	Mínimo custo de propriedade					
	Preço atrativo	++	++	++	+	
	Produto tecnologicamente atual					
Empregados	Satisfação no trabalho	+	+	+	++	
	Segurança no trabalho				++	
	Perspectiva de crescimento na carreira					
	Moral elevada	+	+	+	++	
	Ambiente agradável	++	++	++	++	
	Sentimento de pertencer	+	+			
	Reconhecimento					
Propri. e Acion.	Retorno do investimento	++	++	++	+	
	Máxima produtividade	+	++	++	+	
	Previsões de lucro acertadas					
	Alcance das metas	++	++	++	+	
Socie-dade	Atendimento da legislação	+				
	Prevenção e eliminação dos danos ambientais	+			+	
	Pagamento de impostos					
Fornecedores	Trabalho em parceria	++	++	++		
	Uso correto do seu produto	++	++	++		
	Recebimento em dia					
	Sigilo industrial					

Por meio da tabela 4.3, é possível verificar que os indicadores propostos para o chão-de-fábrica possuem influência sobre muitas das necessidades e expectativas existentes por parte dos *stakeholders* – clientes comerciais, empregados, proprietários e

acionistas, sociedade e fornecedores. É possível verificar também que vários dos efeitos são influenciados por mais de uma causa, ou seja, para várias das necessidades existe mais que um indicador de desempenho relacionado a ela. O custo do produto, por exemplo, elemento fundamental na formação preço, no que diz respeito ao chão-de-fábrica, está estreitamente relacionado à qualidade, produção e horas-perda ocorridas no processo produtivo, e pode também ter alguma relação com a ocorrência de eventos, por exemplo, a formação de uma nova equipe de produção. Esta relação pode existir inclusive entre as causas – por exemplo a eficiência e a pontualidade, que estão dentro da causa produção, sofrem influência direta das horas-perda decorrentes do processo produtivo. Também os custos da rejeição, do refugo e dos recursos utilizados no processo, ajudarão a compor o custo final do produto acabado. Assim, quanto maior o índice de rejeição e refugo e menor a produtividade, maior será o custo do processo associado ao produto, sendo o inverso válido também.

O prazo, por sua vez, está relacionado ao cumprimento das datas prometidas ao cliente. O prazo tem forte relação com os indicadores de produção e horas-perda e uma relação um pouco menos intensa com a qualidade. Porém, vale ressaltar que a obtenção de alta qualidade e eficiência não se refletirá necessariamente no cumprimento de prazos, no caso aqui, a pontualidade. Mesmo com alta qualidade e eficiência, pode-se falhar no cumprimento dos prazos das ordens de fabricação devido à fatores como falta de material, falha no controle das ordens de produção, erros de programação, quebra de equipamentos, entre outros. O prazo é hoje um fator decisivo tanto na venda de produtos quanto na prestação de serviços, pois os clientes estão a cada dia com o tempo mais limitado.

A causa eventos, por sua vez, possui pelo menos uma relação fraca ou possível com a maioria dos efeitos, ou seja, o indicador de desempenho eventos pode estar interferindo na maioria das necessidades e expectativas à que a empresa está exposta. No entanto, por se tratar de um indicador bastante subjetivo, é necessário definir-se antes quando um

evento deverá ser registrado ou não, para que a partir destes dados possam ser gerados indicadores de desempenho sensatos.

No entanto, existem diversos efeitos, ou necessidades e expectativas, que não mantêm relação alguma com o chão-de-fábrica e, portanto, suas ocorrências não são causadas pelos índices de desempenho propostos. Neste grupo encontram-se a qualidade no atendimento antes e pós vendas, custo de propriedade, atualização tecnológica do produto, perspectiva de crescimento profissional, sentimento e reconhecimento, acerto de previsões de lucro e pagamento de impostos. Estas expectativas que não mantêm relação com o chão-de-fábrica não serão contempladas no modelo deste trabalho.

Desdobrando os indicadores de desempenho apresentados na tabela 4.3, considerados até então de forma macro, são propostos para o chão-de-fábrica, dentro das condições apresentadas, os indicadores apresentados na tabela 4.4. Por meio destes indicadores e avaliando-se a sua influência nas expectativas (efeitos) dos clientes apresentadas na tabela 4.3, é possível saber quais expectativas estes indicadores estão controlando e, de posse do mapa apresentado na figura 4.2, é possível saber onde atuar de forma a obter alterações de resultados nos indicadores desejados.

Tabela 4.4 - Desdobramento dos indicadores de desempenho para o chão-de-fábrica

Indicador Macro	Desdobramento do Indicador
Qualidade	Quantidade de rejeição e refugo de peças (valor absoluto)
	PPM (partes por milhão) de rejeição e refugo
Produção	Quantidade produzida (valor absoluto)
	Eficiência (percentual)
	Pontualidade (percentual)
Horas Perda	Quantidade de horas perdidas (valor absoluto)
Eventos	Evento ocorrido

Outro desdobramento se faz necessário quando se fala nas dimensões de controle dos indicadores. A escolha dessas dimensões está vinculada ao escopo deste trabalho,

discutido no Capítulo 1, e abrange, equipe, máquina, célula, produto e turno, além das dimensões para definir o tempo e os códigos das horas-perda, falhas e eventos. A escolha das dimensões equipe, máquina, célula, produto e turno leva em consideração que todas elas podem trazer influência direta aos indicadores produção, qualidade, horas-perda e eventos. Desta forma, é possível avaliar se há alteração no desempenho dos indicadores quando eles são avaliados em termos de qual equipe, máquina, célula, produto e turno foi responsável pelo processamento do produto. Essa informação de desempenho é fundamental para que o gerente saiba onde está e qual é a dimensão do problema ou oportunidade de ganho. Outra vantagem da tecnologia baseada nos BI é que, por meio destes sistemas, é possível combinar as dimensões para gerar a informação. Assim, é possível verificar, por exemplo, a evolução da qualidade de determinada equipe em função da célula e turno de fabricação, e com isso, direcionar ações corretivas ou de melhorias.

O modelo macro desta proposta pode ser visualizado pela figura 4.3, que foi extraído da figura 2.1, de maior abrangência. Pela figura 4.3, pode ser visto o ERP alimentando os bancos de dados com dados operacionais do chão-de-fábrica – integração ideal, mas não obrigatória. Os dados são preparados (integrados, conforme item 3.2.2 desta tese) antes de irem para dentro do *Data Warehouse* ou *Data Mart* e, uma vez disponíveis, podem ser compilados por meio de ferramentas *OLAP* ou *Data Mining*.

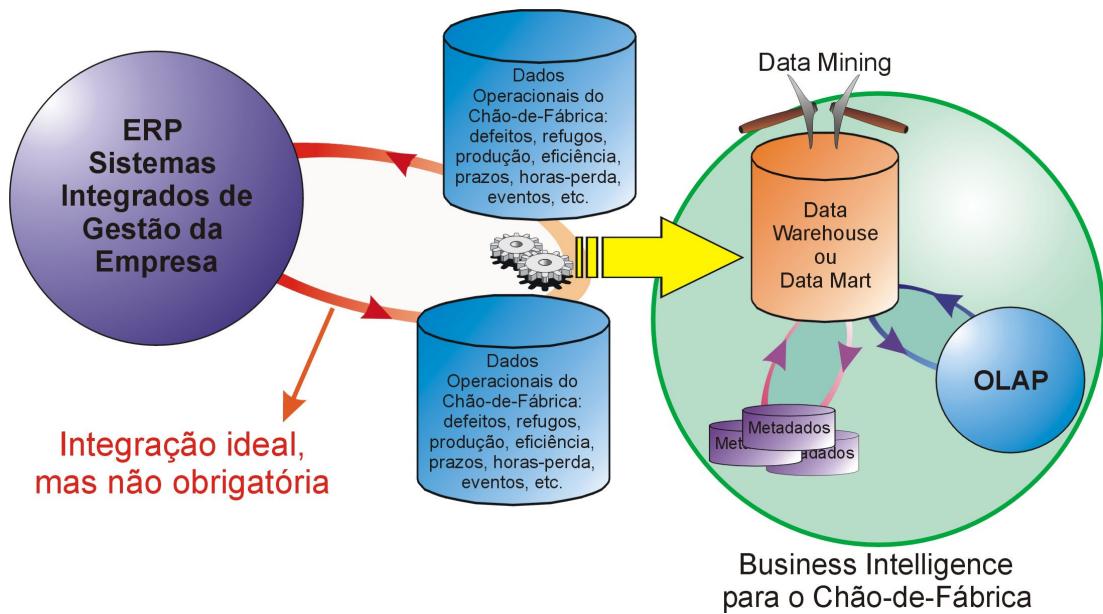


Figura 4.3. Modelo de BI para o chão-de-fábrica

O modelo de BI elaborado para cumprir as funções descritas é composto de quatro tabelas de Fato e nove tabelas de Dimensão. As tabelas de Fato estão relacionadas aos indicadores propostos e os registram, e as nove tabelas de Dimensão são utilizadas para descrever os fatos, por assim dizer. Para representação do modelo dimensional de bancos de dados, foi utilizado o esquema estrela, já abordado no Capítulo 3, item 3.2.4, que pode ser visto na figura 4.4.

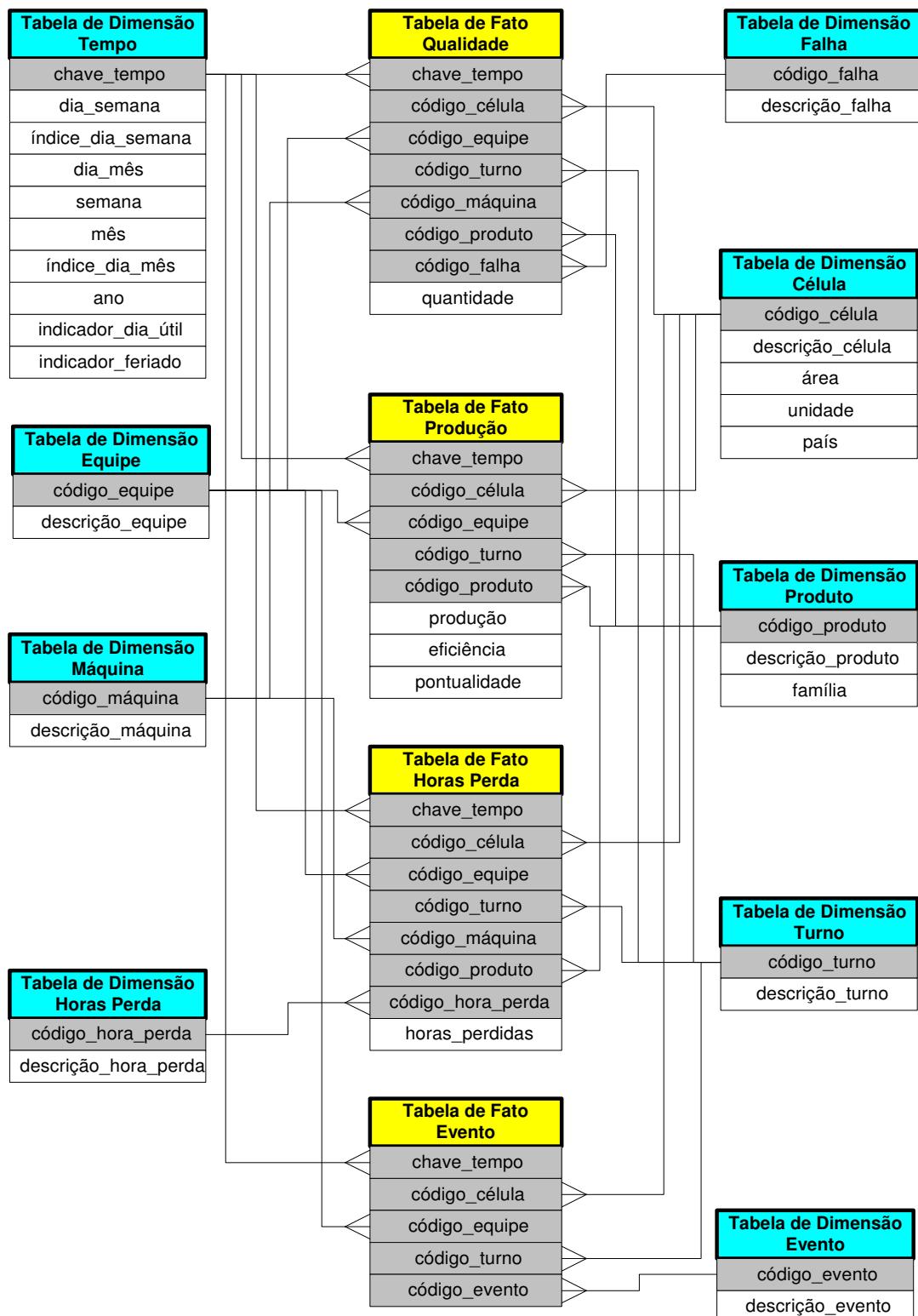


Figura 4.4. Modelo Dimensional de BI para o chão-de-fábrica que utiliza o Esquema Estrela

A seguir, cada uma das tabelas será, na seqüência, detalhada em função dos seus campos com a intenção de descrevê-los.

4.3.1. Tabela de Fato Produção

A produção do chão-de-fábrica será medida, neste projeto, pela quantidade produzida, eficiência de mão-de-obra e pontualidade. Outros fatores de produção poderiam ser agregados em função do interesse de cada aplicação e também da disponibilidade de informações, como eficiência de máquinas e equipamentos e produção horária. No presente caso, nenhum desses indicadores adicionais foi agregado por falta de dados reais para análise. Esta tabela é composta pelos seguintes campos:

- chave_tempo: traz todos os dados relativos à data da ocorrência;
- código_célula: identifica a célula (conjunto de máquinas e operações ou uma máquina ou operação única quando se tratar de controles individuais) onde ocorreu a fabricação;
- código_equipe: identifica a equipe produtiva responsável pela fabricação;
- código_turno: identifica o turno (horário de trabalho) da fabricação;
- código_produto: identifica o produto ou subproduto que foi produzido;
- produção: é a quantidade produzida de determinado produto em uma mesma data, célula, equipe e turno;
- eficiência: é a eficiência de mão-de-obra direta (MOD) conforme utilizada na empresa-alvo do estudo, e é obtida pelo quociente entre as horas produzidas e as horas trabalhadas, expresso em valores percentuais, onde:
 - Horas produzidas = quantidade produzida X tempo-padrão do produto;

- Horas trabalhadas = horas trabalhadas por MOD dedicadas àquele produto X número de funcionários da equipe;
- Pontualidade: está relacionada ao cumprimento das ordens de fabricação no prazo previsto. Assim, a pontualidade é obtida pelo quociente entre o total produzido e o total planejado de cada ordem de fabricação direcionada a cada equipe, e é expressa em valores percentuais. É importante notar que o valor máximo a ser registrado para este indicador é de 100%, considerando-se inclusive que um valor acima de 100% não é bem vindo, pois significa produção de determinado item acima da demanda.

4.3.2. Tabela de Fato Qualidade

A qualidade será medida pela rejeição e refugo gerados nos processos internos de fabricação. Sabe-se que daquilo que é detectado internamente, existe um percentual que sempre acaba chegando no mercado. Assim, a partir da qualidade medida internamente, é possível prever o que poderá ocorrer no cliente. As peças rejeitadas ou refugadas são detectadas pelos operadores ou automaticamente pelos equipamentos em pontos de inspeção 100%. Considera-se rejeição um defeito na peça que seja possível de se retrabalhar, ou seja, se recuperar, mesmo que vinculado a um certo custo; e refugo é aquilo que não dá mais para se retrabalhar, ou seja, a peça está perdida. Neste caso, não se trata de valores variáveis, mas sim de atributos, como oxidação, trinca, queima, risco, não-liga ou queimado. Como nome genérico, serão chamados aqui como Falha tanto a rejeição quanto o refugo, cabendo aos códigos de identificação descrever os mesmos na Tabela de Dimensão Falha.

Antes de se iniciar os apontamentos das rejeições, é necessário definir-se exatamente o que é uma rejeição e um refugo, pois, em algumas situações, uma peça com defeito pode sofrer uma pequena intervenção do operador durante o processo produtivo e

ser sanada, sem agregação de custos e com pouquíssima agregação de mão-de-obra. Neste caso, a decisão de apontamento pode acabar a cargo do operador. Quando isso ocorre, o risco de se obter informações inconsistentes é muito grande, principalmente quando se fizer uma comparação entre áreas, operadores, células, máquinas, dentre outros. Uma regra útil para se eliminar o problema é: tudo aquilo que pode ser classificado como um defeito, ou seja, apresenta alguma não-conformidade com relação ao projeto do produto e/ou irá causar algum dano ou insatisfação ao cliente, deve ser apontado como uma rejeição, sempre. Com relação ao refugo, não há dúvidas: tudo aquilo que não for possível de se reaproveitar por problemas de qualidade, deve ser apontado como refugo.

É necessário também cuidado com os códigos. De modo geral, quando se tratar de códigos, é necessário que exista uma padronização por toda a empresa e que estes sejam únicos para cada dimensão, seja ela de falha, célula, equipe, máquina, produto, turno ou outros. Aqui fica uma sugestão: criar uma regra de formação de códigos iterativa e única por toda a empresa para a criação de cada código. Resolvidas essas questões, a tabela de Fato Qualidade pode ser apresentada. Ela é composta pelos seguintes campos:

- chave_tempo: traz todos os dados relativos à data da ocorrência;
- código_célula: identifica a célula (conjunto de máquinas e operações) onde ocorreu a falha;
- código_equipe: identifica a equipe produtiva que causou ou detectou a falha;
- código_turno: identifica o turno (horário de trabalho) da ocorrência da falha;
- código_máquina: este é o número pelo qual a máquina que gerou a falha é identificada dentro da empresa;
- código_produto: identifica o produto ou subproduto que está com a falha;
- código_falha: identifica o tipo de falha ocorrida;
- quantidade: é a quantidade total de ocorrências de peças com o mesmo tipo de falha ocorridas numa mesma data, célula, equipe, turno, máquina e produto;

- **quantidade_PPM:** é a quantidade de defeitos descrita no item anterior dividida pela quantidade produzida nas mesmas condições, transformados em PPM (peças por milhão). Este campo, embora apresentado aqui como pertencente à tabela Qualidade, será calculado apenas quando da execução do cubo.

4.3.3. Tabela de Fato Horas-Perda

Na tabela de Fato de horas-perda serão apontadas todas as interrupções na produção causadas por paradas não previstas no tempo padrão, como manutenções, *set-ups*, ajustes em máquinas e equipamentos, falta de componentes, treinamentos, fabricação de amostras e protótipos, dentre outros. Aqui serão apontadas as horas perdidas, o que é diferente de horas paradas. Horas perdidas será igual a horas paradas multiplicadas pela quantidade de pessoas diretas envolvidas. Assim, pode-se dizer que hora parada refere-se ao equipamento, enquanto hora perdida refere-se à mão-de-obra. Em função do interesse da empresa, o controle de hora parada também pode ser acrescentado nesta mesma tabela, não tendo sido ele incluído neste projeto só devido à falta de dados reais para análise. Novamente, cada código de hora-perda também deve ser único por toda a empresa. Os campos que compõem esta tabela são:

- **chave_tempo:** traz todos os dados relativos à data da ocorrência;
- **código_célula:** identifica a célula (conjunto de máquinas e operações) onde ocorreu a parada;
- **código_equipe:** identifica a equipe produtiva que sofreu a parada;
- **código_turno:** identifica o turno (horário de trabalho) quando ocorreu a parada;
- **código_máquina:** identifica a máquina que gerou a parada, quando a parada foi gerada por uma máquina em particular;
- **código_produto:** identifica o produto ou subproduto que sofreu a parada;

- código_hora_perda: identifica o tipo de parada;
- horas_perdidas: é a quantidade total de horas de mão-de-obra direta perdidas numa mesma data, célula, equipe, turno, máquina, produto e tipo de parada (código_hora_perda).

4.3.4. Tabela de Fato Eventos

Eventos, neste trabalho, são considerados todos os acontecimentos imprevistos que ocorrerem no chão-de-fábrica e que influenciarem diretamente os resultados de qualidade, produção ou horas-perda do setor. Portanto, ocorrências que já estejam consideradas no tempo-padrão ou que representem algum tipo de hora-perda não poderão ser consideradas como eventos. Nesta tabela não há medição de quantidade, registram-se apenas a ocorrência e o seu tipo. É necessário que sejam apontados somente os eventos que realmente possam ter afetado o desempenho do conjunto “tempo, célula, equipe e turno”. O apontamento de diversos eventos para um mesmo conjunto irá dar um mesmo “peso” para todos os eventos lançados, quando na verdade nem todos foram significativos para influenciar o desempenho do conjunto. Os campos que compõem esta tabela são os seguintes:

- chave_tempo: traz todos os dados relativos à data da ocorrência;
- código_célula: identifica a célula (conjunto de máquinas e operações) onde ocorreu o evento;
- código_equipe: identifica a equipe produtiva que foi afetada pelo evento;
- código_turno: identifica o turno (horário de trabalho) em que ocorreu o evento;
- código_evento: é o código atribuído para cada tipo de evento, e deve ser padrão em toda a empresa.

4.3.5. Tabelas de Dimensão

As tabelas de Dimensão servem, basicamente, para descrever as tabelas de Fato. São elas que “traduzem” os códigos apresentados nas tabelas de Fato de maneira que as informações geradas possam ser facilmente entendidas pelo usuário, sem que este precise de sua memória ou anotações paralelas para se lembrar do significado dos códigos. As tabelas de Dimensão são responsáveis também por definir quais níveis de agrupamento podem ser utilizados para fazer a agregação dos dados das tabelas de Fato, por exemplo, dia, mês e ano. Esses níveis de agrupamento é que permitirão as operações de *drill-down* e *drill-up* durante o processo de pesquisa. De maneira geral, os campos das tabelas de Dimensão são auto-explicativos, como descrição, país, ano, modelo ou outros. As tabelas de Dimensão utilizadas neste modelo são:

- Dimensão Tempo: Nesta tabela são descritos os elementos que a compõem e estão relacionados a uma data. Os campos que compõem esta tabela são:
 - chave_tempo: é utilizada como chave de indexação;
 - dia_semana: domingo a sábado;
 - índice_dia_semana: utilizado para ordenar o dia da semana dentro do cubo OLAP;
 - dia_mês: 1 a 28 ou 30 ou 31;
 - semana: 1 a 53;
 - mês: janeiro a dezembro;
 - índice_mês: utilizado para ordenar o mês dentro do cubo OLAP;
 - ano: 2000, 2001, 2005, etc;
 - indicador_dia útil: S (sim) ou N (não) se é dia útil;
 - indicador_feriado: S (sim) ou N (não) se é feriado.

- Dimensão Equipe: Nesta tabela são descritas quais as equipes produtivas de cada setor. Os campos que a compõem são:
 - código_equipe
 - descrição_equipe

- Dimensão Máquina: Nesta tabela são descritas quais as máquinas existentes na empresa. Os campos que a compõem são:
 - código_máquina
 - descrição_máquina
- Dimensão Hora-Perda: Nesta tabela são descritos os tipos de parada que podem ocorrer. Os campos que a compõem são:
 - código_hora_perda
 - descrição_hora_perda
- Dimensão Falha: Nesta tabela são descritos quais os tipos de defeitos e falhas que podem acontecer nos produtos, sejam eles rejeições, sejam refugos. Os campos que a compõem são:
 - código_falha
 - descrição_falha
- Dimensão Célula: Nesta tabela são descritas quais as células existentes na empresa. Os campos que a compõem são:
 - código_célula
 - descrição_célula
 - área: por exemplo usinagem, montagem, pintura, etc;
 - unidade: por exemplo Planta 1, Planta de Manaus, etc;
 - país: por exemplo Brasil, Itália, etc.
- Dimensão Produto: Nesta tabela são descritos quais os produtos ou subprodutos fabricados pela empresa. Os campos que a compõem são:
 - código_produto
 - descrição_produto
 - família: por exemplo DVDs, aparelhos de som, televisores, etc.

- Dimensão Turno: Nesta tabela são descritos quais os turnos existentes na empresa. Os campos que a compõem são:
 - código_turno
 - descrição_turno

- Dimensão Evento: Nesta tabela são descritos quais os eventos possíveis de ocorrer na empresa. Os campos que a compõem são:
 - código_evento
 - descrição_evento: introdução de novas equipes, novas máquinas, novos processos, hora-extra, acidentes, compensação de horas, etc.

4.3.6. Aplicações

A partir do modelo apresentado até o momento e, aplicando-se uma ferramenta OLAP, é possível construir diversos cubos, sendo, a priori, um cubo para cada tabela de Fato. Também é possível criar cubos virtuais combinando-se os cubos já existentes. De forma geral, é possível desenvolver cubos que consigam responder perguntas do tipo:

- Cubo Qualidade:
 - Qual a célula e/ou equipe e/ou turno e/ou máquina e/ou produto que geram mais ou menos falhas?
 - Qual é a falha mais ou menos freqüente?
 - Quantos defeitos “tipo A” do “produto X” ocorreram no último ano?

- Cubo Produção:
 - Qual a célula e/ou equipe e/ou turno e/ou produto que obtêm maior ou menor eficiência ou pontualidade?
 - Existe diferença de eficiência entre os dias da semana?
 - Qual a produção do último ano do “produto Y” no Brasil, França e China?

- Cubo Horas-Perda:
 - Qual a célula e/ou equipe e/ou turno e/ou máquina e/ou produto que geram ou sofrem com maior ou menor quantidade de horas-perda?
 - Quais são os motivos de parada que, somados, contribuem com 50% do total das horas-perda?
 - Há mais horas-perda quando se trabalha em dias de feriado?

- Cubo Evento: Este cubo não existe sozinho, ele ocorrerá sempre combinado aos cubos anteriores e poderá responder perguntas do tipo:
 - Como se comportam a qualidade, o desempenho e as horas-perda em função dos eventos ocorridos na área?
 - Nos dias de trabalho em hora-extra, o nível de eficiência e qualidade é melhor ou pior?
 - Como se comportam os índices de qualidade, produção e horas-perda quando é montada uma nova equipe?

- Cubos Virtuais: É possível montar um cubo virtual combinando-se os cubos de Qualidade e Produção para responder a seguinte pergunta:
 - Quando o resultado obtido de eficiência é alto, o resultado de falhas é baixo, como seria de se esperar? O mesmo vale para a situação inversa?

Vale reforçar que os cubos não dão a solução para o problema. Eles trabalham, sim, é na geração de informações que ajudarão o gerente a tomar suas decisões. Portanto, não descartam a necessidade de competência técnica deste profissional nem têm a intenção de substituí-lo. No entanto, um gerente bem preparado e com base nas informações disponibilizadas pelo sistema de BI poderá direcionar suas ações na busca de melhores resultados, focalizando seus alvos.

O modelo proposto também é adequado ao uso da ferramenta *de Data Mining*. A partir da aplicação do *Data Mining* sobre as tabelas de Fato, é possível verificar a existência de padrões de comportamento dentro delas. Citar exemplos de comportamentos é algo um pouco difícil, pois são situações que provavelmente ninguém ainda percebeu e que acabam sendo descobertas apenas devido ao uso dos algoritmos complexos do *Data Mining*. Porém, apenas para se ter uma idéia, seguem abaixo dois exemplos:

- Verificou-se que a equipe “A” é responsável por 90% das ocorrências do defeito tipo “DD”;
- Verificou-se que as horas-perda com *setup* em 40% ocorrem com o produto “PROD1”, 50% com o produto “PROD2” e os outros 10% com os demais.

A ferramenta de *Data Mining* usada neste trabalho, por sua vez, não é tão interativa e simples de usar quanto a ferramenta *OLAP* e, neste caso, os usuários precisarão de um treinamento mais específico e aprofundado sobre ela. Isso pode comprometer um dos objetivos iniciais do modelo, que é o de ter uma ferramenta de fácil utilização. No entanto, seus benefícios podem trazer resultados muito satisfatórios e, por isso, ela ainda será utilizada neste projeto.

4.4. Uso do banco de dados do *Data Warehouse* versus OLTP

Embora os projetos de BI sugiram o uso de um *Data Warehouse* para armazenamento dos dados a serem analisados, a proposta pode parecer um pouco ousada num primeiro contato, dada a sua complexa arquitetura, custos e longo prazo de desenvolvimento. Realmente, antes de se partir para a adoção de qualquer ferramenta, é importante saber o que se deseja. O foco deve inicialmente estar voltado para a obtenção de informações e não para a tecnologia que será utilizada para obtê-las. Se houver dúvidas quanto à relação custo X benefício do projeto, talvez seja mais viável melhorar os sistemas OLTP existentes na empresa, e nestes aplicar ferramentas convencionais e mais baratas para a geração de relatórios, como o Crystal Reports, Excel ou mesmo ferramentas OLAP.

Enquanto isto, podem ser mais bem analisadas as soluções baseadas em um *Data Warehouse*. As opções devem ser pensadas antes do início do projeto. A principal vantagem dos *Data Warehouse*, conforme já foi exposto, é que esses são bancos de dados projetados exclusivamente para a realização de análises. Outra vantagem é a liberação dos sistemas OLTP para a realização exclusiva das transações operacionais, que normalmente têm que ser executadas *on-line* e, freqüentemente, tratam diretamente com o cliente. Agora, uma vez que se decida pela construção de um sistema exclusivo para apoiar as tomadas de decisão, um *Data Warehouse*, com certeza, é o ponto final desta procura.

Pode-se, ainda, antes de se partir para o desenvolvimento de um *Data Warehouse* corporativo, trabalhar com *Data Marts*. Conforme anteriormente descritos, os *Data Marts* são subconjuntos de um *Data Warehouse* e voltados para uma determinada função, assunto ou departamento em particular. Os *Data Marts* são menores e de implantação mais rápida, e podem ser tratados, inclusive, como um projeto-piloto para que a empresa comece a conhecer os benefícios da tecnologia. Por fim, a decisão entre o *Data Warehouse* ou OLTP está intimamente relacionada aos recursos que a empresa dispõe para investir. Porém sempre será recomendada a utilização do *Data Warehouse* ou *Data Mart*, salvo se a

empresa ainda estiver em dúvida sobre a necessidade de criação de um sistema para a análise dos dados, ou seja, de um BI. Conforme já foi afirmado no final do item 4.2 deste capítulo, a opção defendida nesta tese é pelo uso do BI e suas ferramentas para *Data Warehouse*, OLAP e *Data Mining*.

4.5. Coleta de Dados

Conforme já discutido no Capítulo 2, item 2.4, a tecnologia e a metodologia utilizadas para a coleta dos dados têm influência direta sobre a qualidade dos dados armazenados, os quais, por sua vez, formam a base para as informações a serem geradas pelo BI. A tecnologia de coleta, no entanto, não deve ser um fator limitante à construção do *Data Warehouse*. Todos os dados das tabelas de Fato podem ser inseridos até manualmente, através de digitação, no *Data Warehouse*, utilizando-se para tal um *software* como interface. Como fonte geradora dos dados, podem-se utilizar formulários específicos que deverão ser preenchidos pelos setores produtivos. É necessário lembrar, no entanto, que, além de lento, esse processo terá sua confiabilidade comprometida, dada a alta probabilidade de erro nos processos de digitação. Por isso, essa é uma situação que não pode ser aplicada a qualquer tamanho de negócio, apenas aos pequenos. A figura 4.5 mostra um sistema de interface para alimentação, por meio de digitação, dos dados utilizados no projeto-piloto.

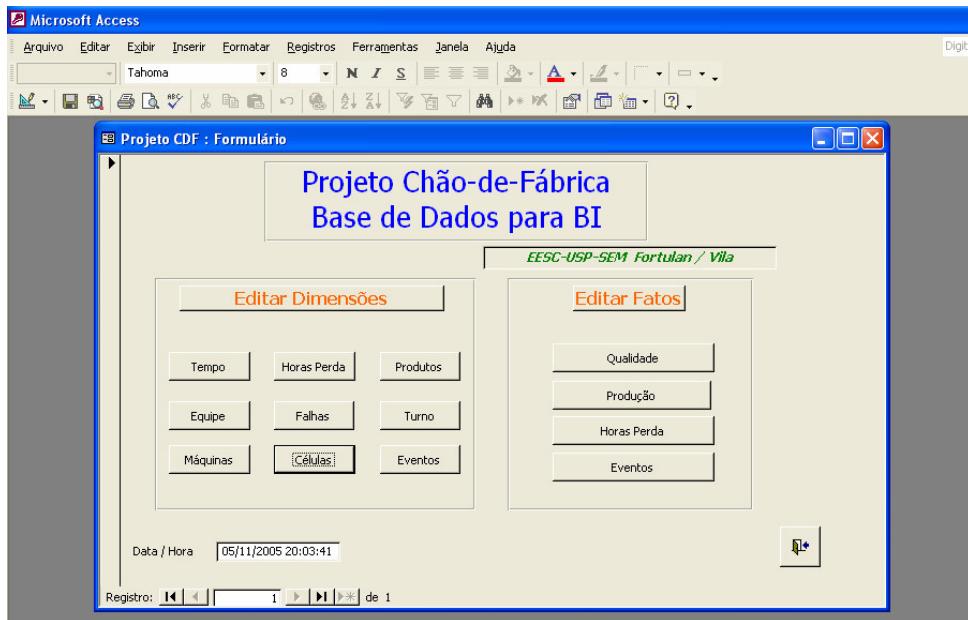


Figura 4.5. Sistema de interface para alimentação manual de dados do *Data Warehouse*

Quando da utilização de sistemas OLTP como fonte de dados para o *Data Warehouse*, eles, por sua vez, podem também ser alimentados via digitação ou coleta automática de dados, sendo esta última forma a defendida por Favaretto (2001) e Nagai *et al.* (2001). Assim, é possível tomar as bases de dados já existentes na empresa e apenas preparar os dados para “rodar” no BI, sejam os sistemas OLTP simples, sejam mais elaborados como os ERP.

Já no caso da tabela de Fato Eventos, esta, necessariamente, deverá ser alimentada manualmente por meio da digitação de um relatório preenchido diariamente por um membro designado de cada equipe. Uma sugestão de como pode ser este relatório é mostrada na figura 4.6, que também pode ser incorporada como um diário-de-bordo de relatórios já existentes.

Empresa 		Relatório de Registro de Eventos
Data: ____ / ____ / ____		
Dimensão	Código	Descrição
Célula		
Equipe		
Turno		
Evento(s) ocorrido(s): (anotar com X para indicar que o evento ocorreu)		
X	Código	Descrição
	EV00	Nenhum evento ocorreu (opção única)
	EV01	Compensação adiantada de horas
	EV02	Compensação posterior de horas
	EV03	Promoções gerais na área
	EV04	Ocorrência de acidentes na área ou acidente grave na empresa
	EV05	Horas extras
	EV06	Calor excessivo
	EV07	Frio excessivo
	EV08	Introdução de um novo processo
	EV09	Introdução de uma linha célula
	EV10	Introdução de uma nova máquina
	EV11	Máquina reformada
	EV12	Uso de um novo material
	EV13	Equipe recebeu novo treinamento
	EV14	Equipe nova - 1 ^a semana
	EV15	Equipe nova - 2 ^a semana
	EV16	Equipe nova - 3 ^a semana
	EV17	Equipe nova - 4 ^a semana
	EV18	Equipe nova - 1º mês
	EV19	Equipe nova - 2º mês
	EV20	Equipe nova - acima de 3 meses
Responsável:		

Figura 4.6. Sugestão de relatório para apontamento dos eventos

Conforme já é sabido, na tabela Eventos não há campos numéricos, pois, pelo menos neste trabalho, não será medida a intensidade do Evento, mas apenas a sua

ocorrência (SIM ou NÃO). Conforme já foi explicado no item 4.3.1.4, sempre que possível, apenas um evento deve ser apontado por formulário, do contrário, ao fazer as relações, o sistema dará a mesma importância a todos os eventos apontados, o que normalmente não é a realidade. Assim, o responsável pelo apontamento do evento deve avaliar, dentro de tudo o que ocorreu na jornada de trabalho, o que realmente influenciou nos seus resultados e procurar um evento que represente este acontecimento. Deve-se considerar que os eventos são subjetivos e, para medir a sua intensidade, seria necessário desenvolver alguma ferramenta adicional não abordada neste trabalho. De qualquer forma, é possível prever que os resultados que serão obtidos na aplicação do modelo no Capítulo 5 serão bastante interessantes.

4.6. Considerações finais

Este capítulo iniciou abordando a questão da metodologia de pesquisa científica. A quantidade de autores que tratam do assunto é bastante ampla, porém foi possível detectar vários pontos em comuns entre eles, os quais foram utilizados para traçar o plano de pesquisa utilizado nesta tese. Por ser uma pesquisa aplicada, experimental e dedutiva, uma vez definido o problema, foram necessários dados científicos, conhecimentos práticos e dados reais para elaborar e testar o modelo.

Uma vez delineado o procedimento científico a ser seguido, verificou-se que no chão-de-fábrica, devido às suas particularidades, seria necessário utilizar-se uma ferramenta de informática tal que viabilizasse a obtenção de informações a partir dos dados gerados na área, visando o auxiliar na tomada de decisões. Na continuação foram estudadas referências bibliográficas que, agregadas ao conhecimento adquirido no chão-de-fábrica da empresa em estudo, permitiram definir um conjunto de indicadores adequados

ao chão-de-fábrica. Para definição destes indicadores foram utilizadas listas, diagramas de causa-e-efeito, matrizes de relacionamento e alguns desdobramentos até chegar-se aos indicadores de produção, qualidade, horas-perda e eventos. Este último indicador, evento, é uma das principais contribuições desta tese, pois aborda de uma forma inovadora como avaliar a influência dos eventos ocorridos na área sobre os demais indicadores utilizados: produção, qualidade e horas-perda.

Definidos a necessidade do uso de uma ferramenta de informática e os indicadores para o chão-de-fábrica, foi elaborado então um modelo dimensional completo de BI para o chão-de-fábrica contemplando quatro tabelas de Fato e nove tabelas de Dimensão. Cada tabela de Fato trata de um dos indicadores de desempenho e as tabelas de Dimensão, por sua vez, descrevem as tabelas de Fato. Cada uma das tabelas de Fato foi descrita em detalhes, e diversos exemplos de aplicação foram sugeridos. Com isto, ao final deste capítulo a pesquisa concluiu a definição e formalização do modelo, ficando pronta então para uma implementação particular. Esta implementação será feita no Capítulo 5 e terá a função de comprovar a funcionalidade do modelo frente ao objetivo inicial.

Capítulo 5

Implementação de uma situação em particular

5.1. Implementação do Modelo

Com o intuito de constatar o funcionamento do modelo proposto no Capítulo 4, neste capítulo é feita a implementação de uma situação em particular. Exceto os dados relacionados aos eventos (tabelas de Dimensão e Fatos), todos os demais vieram de uma situação real. Os dados, originalmente em formato *Data Base File* (DBF), foram importados pelo software Access para o banco de dados modelado conforme proposto na figura 4.4 e aqui apresentado na figura 5.1, o qual trabalhará como *Data Mart* deste projeto. O Access apresenta como vantagens para esta implementação a sua facilidade de uso, a sua capacidade de gerenciar os relacionamentos entre as tabelas e a possibilidade de desenvolver um *front-end* para a edição dos dados. Este *front-end*, mostrado nas figuras 5.2 e 5.3, pode, perfeitamente, ser utilizado em uma situação real, ficando apenas como limitação, conforme já discutido, o longo tempo necessário para a digitação dos dados e a baixa confiabilidade do processo de digitação.

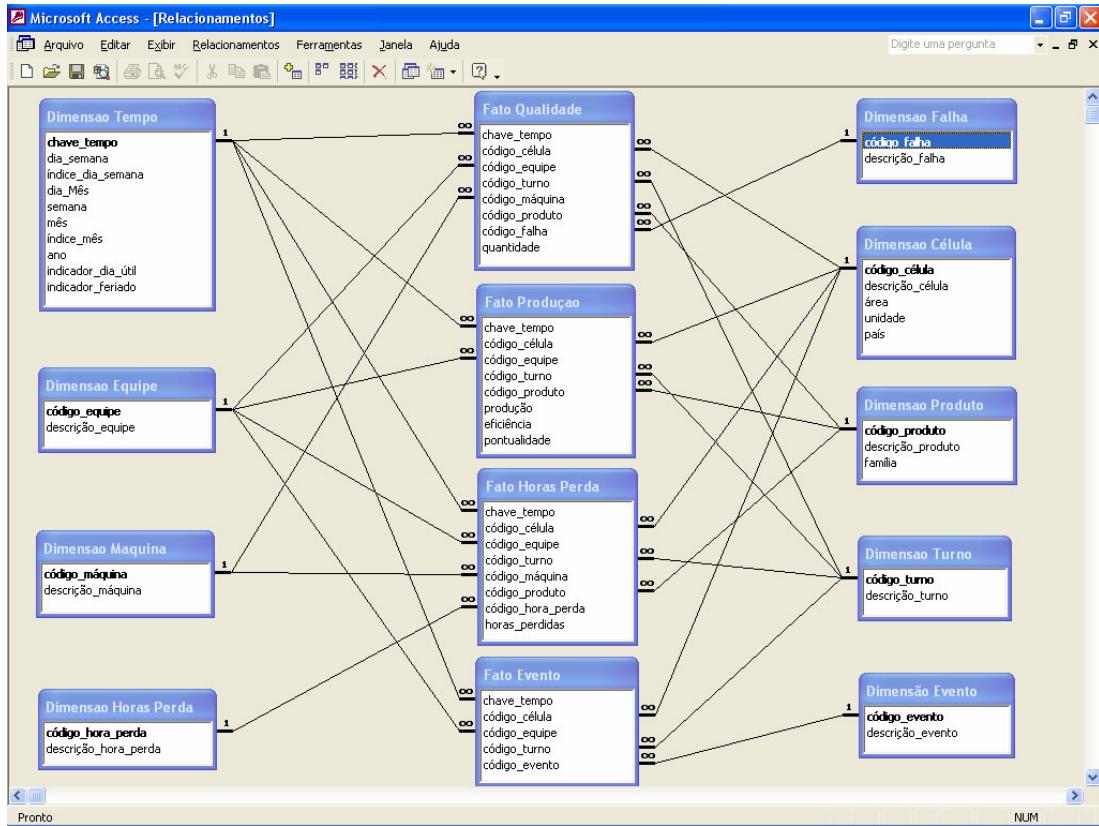


Figura 5.1. Modelagem multidimensional do BI para o chão-de-fábrica com o banco de dados Access

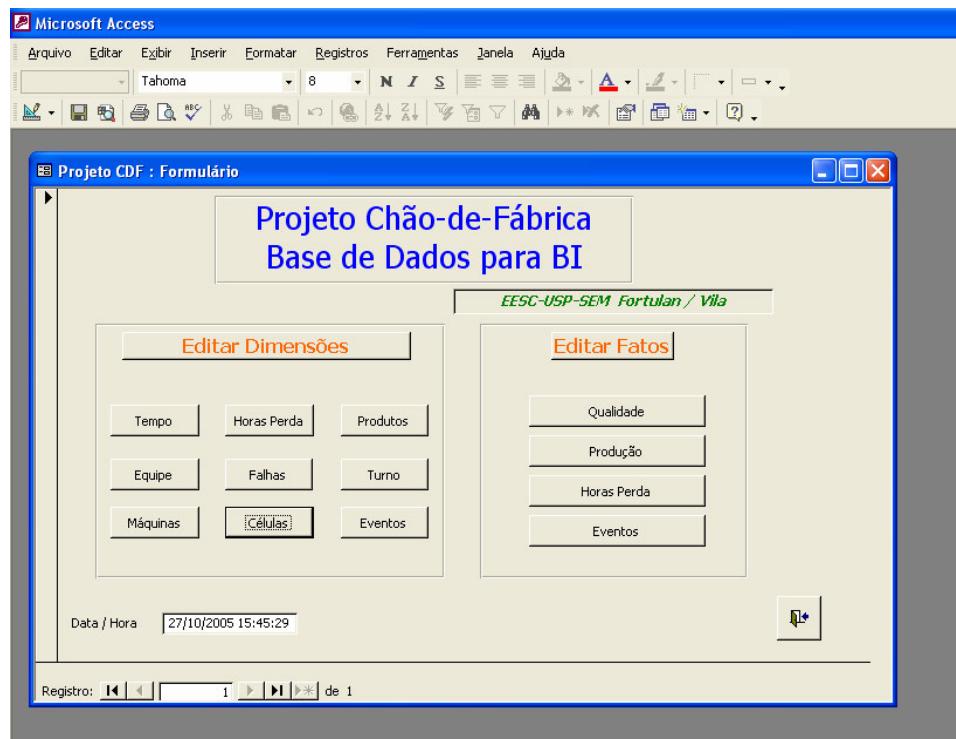


Figura 5.2. Tela principal do *front-end* desenvolvido com o Access para a edição dos dados

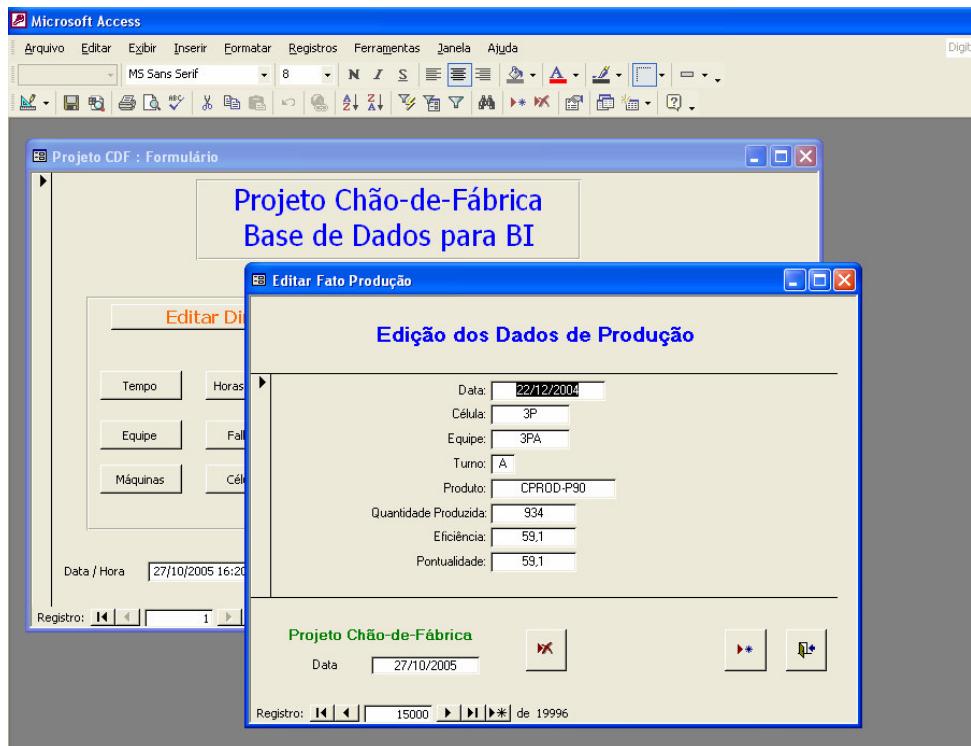


Figura 5.3. Tela para a edição dos dados de Produção (tabela Fato Produção)

Embora o Access tenha suprido plenamente as necessidades desta implementação, o ideal é utilizar um banco de dados mais robusto e profissional, como o Oracle, Sybase ou o SQL Server da Microsoft. O escolhido para esta implementação foi o Microsoft SQL Server 2000 Enterprise, que já traz consigo a ferramenta Analysis Services, que por sua vez disponibiliza uma ferramenta OLAP e uma ferramenta de *Data Mining*. A desvantagem do uso do Microsoft SQL Server 2000 como banco de dados para esta implementação está, principalmente, na dificuldade de edição dos dados, pois o Microsoft SQL Server 2000 não possui uma interface interativa com o usuário, precisando esta ser desenvolvida à parte.

A título de informação técnica, o *hardware* e *software* utilizados para desenvolvimento desta implementação foram:

- *Hardware:* Micro PC com processador Intel® Pentium 4 de 2,4 Ghz e 512 Mb de memória RAM, HD 40 Gb
- *Software:*
 - Ambiente operacional: Microsoft Windows 2000 Server;
 - Banco de dados: Microsoft Access 2000;
 - Planilha eletrônica: Microsoft Excel 2000;
 - Ferramenta de análise de dados: Analysis Services, componente da *suite* Microsoft SQL Server 2000 Enterprise.

Esta configuração foi suficiente para executar todos os procedimentos desejados nesta implementação sem problemas de desempenho, porém deve ser levado em conta que o volume de dados tratado aqui, quando comparado a uma implantação corporativa ou até global, é consideravelmente pequeno.

Com base na literatura apresentada na revisão bibliográfica sobre Sistemas de Informação, Sistemas de Apoio à Decisão e, respectivamente Capítulos 2 e 3 deste trabalho, devem ser considerados os seguintes pressupostos para esta aplicação:

- a. Será utilizado um *Data Mart* para armazenamento dos dados;
- b. Os dados utilizados são considerados de qualidade garantida (Capítulo 2, item 2.4), independentemente da forma de sua coleta;
- c. Os dados foram formatados e integrados antes de serem incorporados ao *Data Mart* (Capítulo 3, item 3.2.2);
- d. O BI utilizado aqui não está integrado a um sistema ERP;
- e. Os dados são provenientes de *back-ups* de sistemas OLTP.

5.2. Processo de Integração dos dados para dentro do *Data Warehouse*

Conforme foi dito no inicio deste capítulo, com exceção dos dados relativos aos eventos (tabelas de Dimensão e Fatos), todos os demais dados utilizados nesta implementação são reais. Eles foram cedidos por uma empresa do ramo metal-mecânico instalada no interior do estado de São Paulo, cujas características do chão-de-fábrica se encontram dentro do escopo apresentado na introdução desta tese, item 1.3. Por motivo de sigilo industrial, esta empresa será aqui chamada de “Empresa A”. Também por motivo de sigilo industrial, todos os dados relativos aos códigos e descrições foram trocados por códigos e descrições fictícios. Com relação aos dados numéricos – eficiência, eficácia, falhas, falhas em PPM e horas perdidas – foi aplicado sobre os mesmos um multiplicador constante de forma que, embora os dados individualmente não sejam reais, a proporcionalidade entre eles continua sendo real, não comprometendo as análises que foram realizadas no decorrer do capítulo. Esta ação também visou manter sob sigilo industrial os valores de processo executados pela “Empresa A”.

Todos os dados foram provenientes de uma das áreas de chão-de-fábrica desta empresa e foram fornecidos em diversos bancos de dados DBF. Todos os eles foram apontados manualmente em formulários específicos e depois digitados para dentro do sistema OLTP da empresa. Após serem importados para o Access e antes de serem submetidos às ferramentas OLAP e *Data Mining*, os dados precisaram passar por um processo de integração, conforme sugerido no Capítulo 3, item 3.2.2, seguindo as seguintes etapas:

1. Seleção dos dados restritos à área escolhida da empresa;
2. Seleção dos dados referentes ao período de janeiro de 2003 a julho de 2005;
3. Importação dos dados para o Access já separando em tabelas conforme o modelo da figura 5.1;

4. Conversão dos campos relativos às datas de “texto” para “data” dentro das tabelas de Fato;
5. Formatação dos campos das tabelas do Access para um formato padrão, considerando nome do campo, tipo do dado e tamanho.
6. Cálculo dos campos de eficiência e pontualidade da tabela de Fato Produção;
7. Alteração dos códigos e descrições das dimensões para códigos e descrições fictícios;
8. Estabelecimento de relacionamentos e integridades referenciais entre as tabelas.

Durante o processo de integração, houve perda de aproximadamente 3,5% dos dados nas tabelas de Fato. Esta perda ocorreu devido aos dados terem vindo de bancos de dados separados, sem garantia de integridade referencial entre si, e devido a erros de digitação. Durante os cálculos e estabelecimento dos relacionamentos, muitos dados ficaram “perdidos” nas tabelas de Fato, ou por terem ficado sem valores calculados ou por terem se desvinculado das tabelas de Dimensão, ou seja, não existiam. Devido aos dados digitados errados, também apareceram valores absurdos em alguns resultados de eficiências e qualidade, chegando a aparecer valores acima de 200% para eficiências e acima de 100% para qualidade. Tanto os dados sem vínculo com as tabelas de dimensão quanto aqueles que apresentaram valores absurdos, no geral, foram perdidos.

Este processo de integração deixou clara a necessidade de se estabelecer procedimentos que melhorem a qualidade dos dados. Para o caso de um sistema ERP e coleta automática de dados, esses tipos de erros certamente serão minimizados, conforme justificam os trabalhos científicos já realizados neste sentido e citados no Capítulo 3, item 3.8, garantindo a integridade referencial e eliminando erros de digitação. No entanto, para o caso de apontamentos manuais seguidos de digitação em sistemas OLTP convencionais, procedimentos especiais devem ser adicionados de forma a melhorar esta qualidade. Alguns procedimentos sugeridos e que se implantados trarão considerável melhoria, são:

- a. Criar formulários para o preenchimento dos dados, tal que contenham a exata seqüência com que os dados serão digitados no sistema OLTP;
- b. Introduzir nestes formulários, onde possível, os códigos impressos, deixando como opção espaços para colocação de “X” indicando a presença do código naquele apontamento. Isso evita erros de interpretação de letra;
- c. Lançar os dados pelos códigos em vez da descrição, pois normalmente são mais curtos e nunca são repetidos;
- d. Programar no sistema OLTP para que seja feita a verificação da integridade referencial durante a digitação, tanto entre as tabelas de Fato X Dimensão quanto entre as tabelas de Fato X Fato;
- e. Programar no sistema OLTP valores limites mínimos e máximos para as quantidades apontadas, de tal forma que o sistema peça confirmação do usuário quando o dado lançado estiver acima ou abaixo destes limites.

Para os dados de eventos, por ser uma abordagem nova de controle, não havia dados relativos a ocorrências passadas e, portanto, estes dados, tanto os da tabela de Dimensão quanto os da de Fato, precisaram ser simulados. Para cada ocorrência de uma mesma data, célula, equipe e turno na tabela de produção, foi simulada a ocorrência um evento aleatório.

Depois de concluído o processo de integração e simulação, ficaram disponíveis as seguintes quantidades de registros para análise – tabela 5.1:

Tabela 5.1 - Quantidade de registros disponíveis para análise após integração dos dados

Tabela	Quantidade de Registros
Dimensão Tempo	943
Dimensão Equipe	30
Dimensão Máquina	173
Dimensão Horas-Perda	66
Dimensão Falha	38
Dimensão Célula	10
Dimensão Produto	293
Dimensão Turno	3
Dimensão Evento	16
Total em tabelas de Dimensão	1572
Fato Qualidade	161.033
Fato Produção	19.996
Fato Horas-Perda	26.793
Fato Evento	13.009
Total em tabelas de Fato	220.831

5.3. Uso da ferramenta Analysis Services da suite Microsoft SQL Server 2000

O software Analysis Services é um componente do banco de dados Microsoft SQL Server 2000 Enterprise Edition e foi elaborado para realizar análises sobre bancos de dados, suportando diversos formatos além do próprio Microsoft SQL Server 2000. O Analysis Services possui duas ferramentas para análise: o OLAP e o Mining. O OLAP

mostrou-se uma ferramenta bastante poderosa e de fácil utilização, permitindo trabalhar com vários tipos de bancos de dados e, dentro de cada banco de dados, construir diversos cubos. Os cubos são capazes de realizar operações de *drill-down* e *drill-up* e *slice and dice*, e também de combinar e intercambiar as diversas dimensões que o compõem para a realização das consultas. Desta forma, é possível a elaboração rápida e fácil de relatórios, inclusive para questões *ad-hoc*, outro grande benefício deste tipo de *software* de análise. A tela inicial do Analysis Services mostra, à esquerda, qual o servidor em uso e os bancos de dados disponíveis para a realização das pesquisas, bem como seus cubos, dimensões e modelos de Mining. À direita, ficam um tutorial, uma tela de consulta e os Meta Dados daquilo que for selecionado no quadro à esquerda, como mostra a figura 5.4 a seguir:

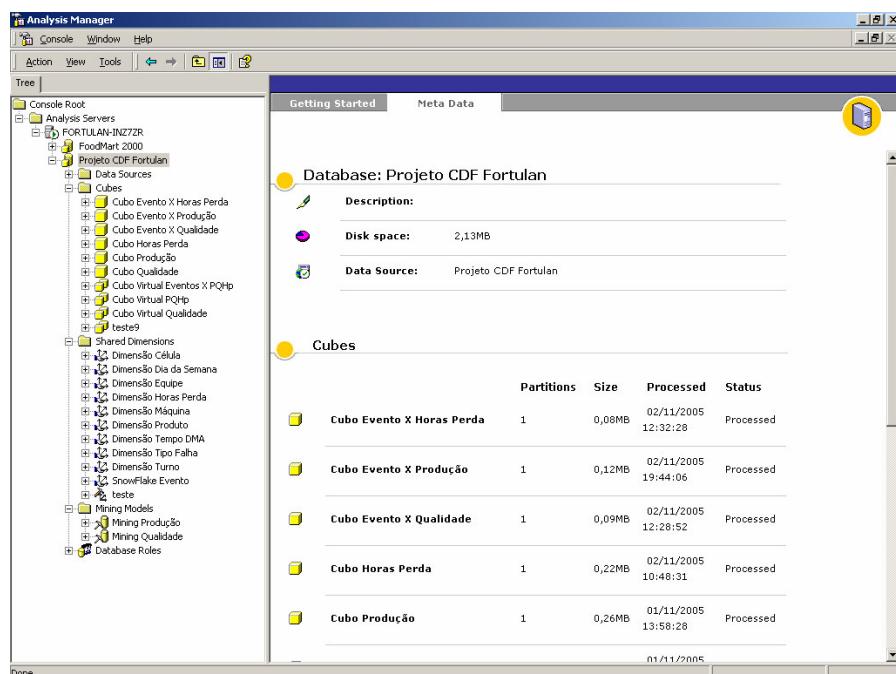


Figura 5.4. Tela principal do Analysis Services, com destaque para os Meta Dados

Uma vez editado o cubo, pode-se verificar a tela dividida em duas partes principais, uma à direita e outra à esquerda, como mostra a figura 5.5. No lado esquerdo, fica uma árvore com detalhes da estrutura do cubo, contendo suas dimensões, medidas e membros calculados e, no lado direito, controla-se o processamento do cubo. Nesta parte da tela (lado direito), ficam duas abas disponíveis na parte inferior. Na aba *Schema*, é possível

visualizar e editar, graficamente, a estrutura das tabelas que compõem o cubo, ou seja, o Esquema Estrela. Neste Esquema é possível identificar as tabelas de Dimensão e Fato pela cor, em que a tabela de Fato tem a tarja amarela e as tabelas de Dimensão têm a tarja azul. Na aba *Data*, é possível definir as dimensões e ordená-las para a realização das consultas desejadas. Outra forma de consulta ao cubo é por meio da opção *Browse*. Nesta tela, apenas os dados processados no cubo aparecem. Este será o formato utilizado nas demais telas apresentadas neste trabalho.

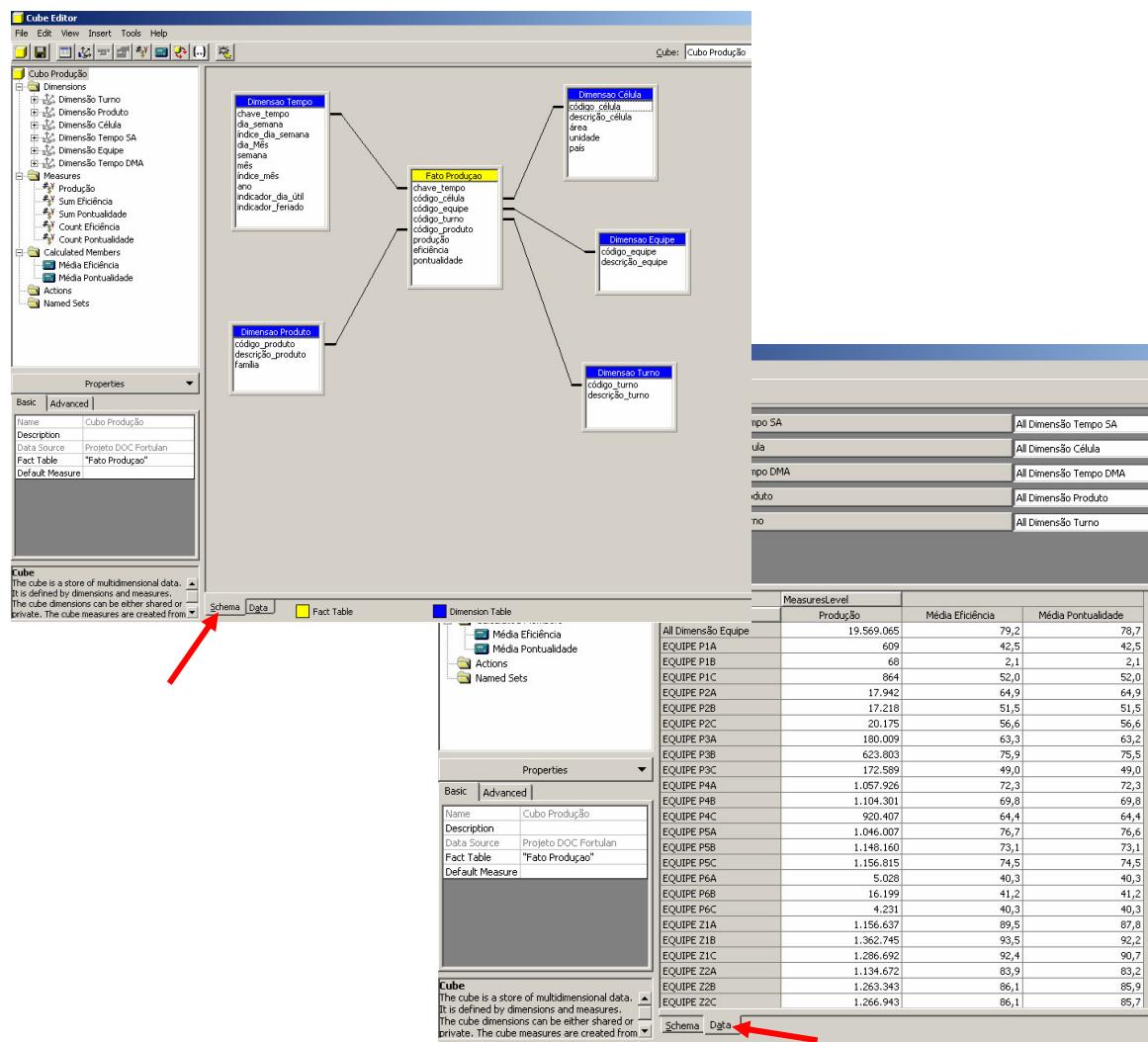


Figura 5.5. Telas *Schema* e *Data* do Analysis Services para processamento do cubo

A parte mais trabalhosa do processo é a montagem do cubo, para a qual, inclusive, o próprio *software* oferece um *wizard* para facilitar o processo. Esta parte, normalmente, não caberá ao usuário final executar – o gerente do chão-de-fábrica ou outro tomador de decisão da área, no caso desta tese – mas a algum profissional específico da área da área de TI, especializado em bancos de dados e no próprio Analysis Services. O mesmo vale quando do uso do Mining.

5.4. Exemplos de análises de dados

Como a partir de cada tabela de Fato é possível criar pelo menos um cubo, e como este projeto utiliza nove tabelas de Dimensão e quatro tabelas de Fato, é esperada a criação de pelo menos quatro cubos. Vale dizer, no entanto, que esta quantidade pode ser muito maior, pois, além dos cubos virtuais, podem ser criados cubos para situações específicas, que, por sua vez, utilizarão dimensões específicas para análise de tal situação. Podem-se, portanto, criar quantos cubos forem necessários ou desejados, limitados apenas ao número de combinações possíveis, valor este bastante grande. Nos exemplos que serão apresentados aqui, serão disponibilizadas, para cada cubo, todas as dimensões relacionadas a ele mesmo, deixando-o com a sua máxima capacidade de análise. O primeiro cubo a ser apresentado é o Cubo de Produção, que será discutido no item 5.4.1 a seguir.

5.4.1 – Cubo de Produção

O modelo dimensional do cubo de Produção pode ser visto na figura 5.6, logo a seguir, em que se visualiza o Esquema Estrela do mesmo. A partir do diagrama estrela, pode-se visualizar a tabela de Fato central e as tabelas de Dimensão ao redor desta, e a partir do cubo é possível verificar o comportamento da quantidade produzida, eficiência e pontualidade em função das dimensões: tempo, célula, equipe, turno e produto.

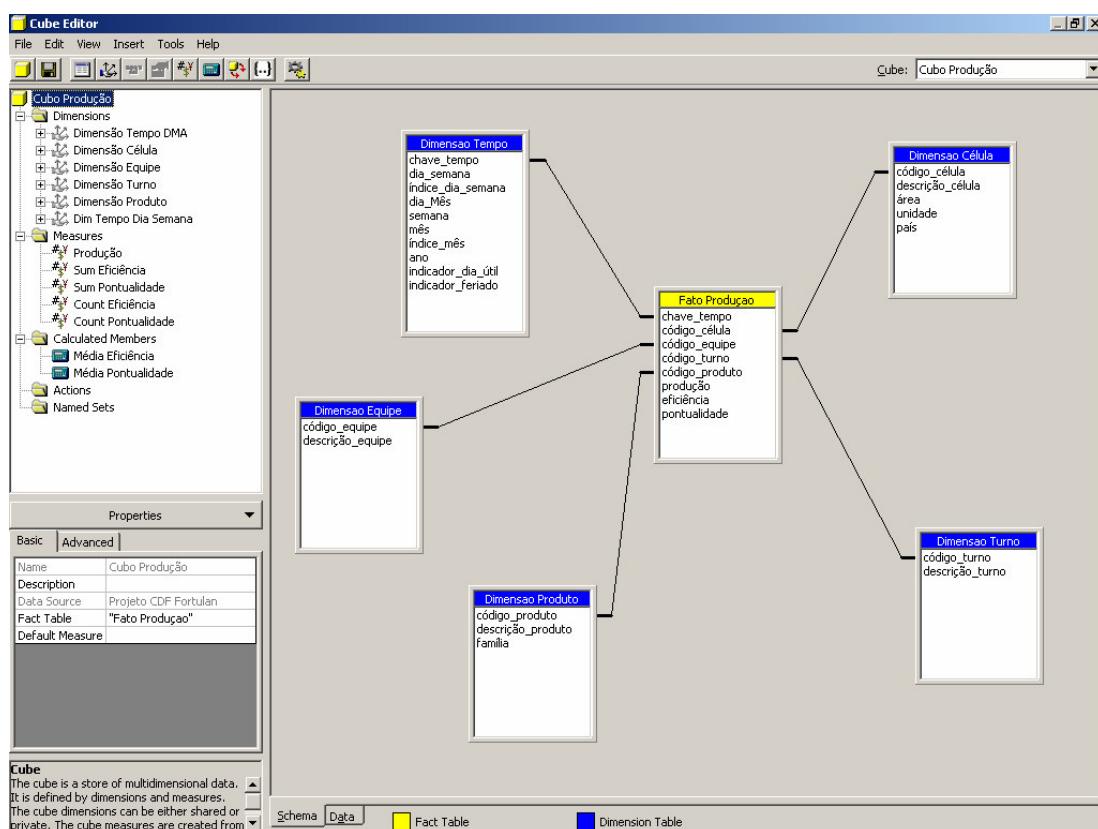


Figura 5.6. Modelo dimensional do Cubo de Produção

Um primeiro trabalho que um gerente de chão-de-fábrica pode querer realizar com base nas informações deste cubo é o de melhorar a eficiência de sua área. Para tal, ele pode iniciar fazendo uma análise do comportamento da eficiência frente às dimensões disponíveis e, assim verificar informações que indiquem ações potenciais de melhoria. A primeira dimensão a ser analisada é a dimensão tempo. A partir deste relatório, o gerente pode ver como tem se comportado, na área como um todo, a eficiência desde janeiro de

2003 até julho de 2005, como mostra a figura 5.7. Por meio desta figura, verifica-se que, embora tenha havido uma queda da eficiência em 2004, para 2005 registra-se uma sensível melhora frente a 2003 (4,8%). Esta tendência para melhora pode ser confirmada por meio de um *drill-down* no ano de 2005, em que se verifica que a melhora vem se mantendo ao longo dos meses, porém sem tendência de crescimento. Mas, talvez, este crescimento não seja suficiente para se atingir a meta desejada pelo gerente que, então, deve partir para análises em função de outras dimensões.

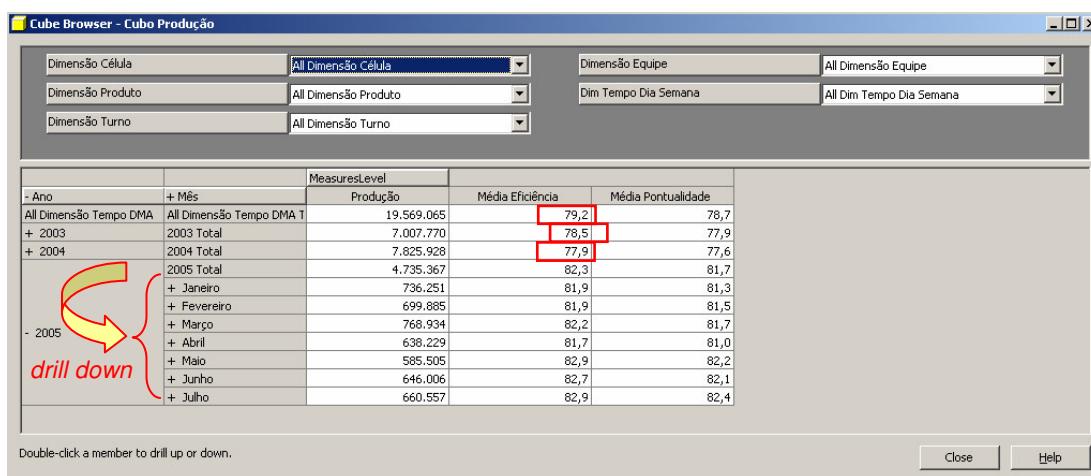


Figura 5.7. Cubo de Produção em sua evolução de janeiro de 2003 a julho de 2005

Uma outra análise que pode ser feita com base no tempo é a relacionada aos dias da semana. É possível que haja uma variação de eficiência no decorrer da semana, e uma análise neste sentido pode ser útil. Pode-se ver, pela figura 5.8, que realmente há diferença entre a eficiência no início, fim e meio da semana. É conhecido que na “Empresa A” não é normal trabalho aos domingos, portanto, o pouco volume de produção registrado nestes dias deve ter acontecido em horas extras ou compensações. Diante do valor de eficiência obtido aos domingos, a principal atitude a ser tomada pelo gerente é elaborar estratégias alternativas para evitar trabalhar nestes dias. Fora os domingos, é nas segundas e sábados que ocorrem os menores valores de eficiência. Esta é uma informação confiável, uma vez que corresponde a 31 meses de análise. Eis, então, outro ponto que sugere análise e ações de melhoria. O problema pode ser discutido por grupos de melhoria que visem identificar as

causas e planejar ações, por exemplo. Conforme já foi dito, não caberá ao BI dizer qual ação tomar, mas sim em gerar informações que permitam direcionar tomadas de ações.

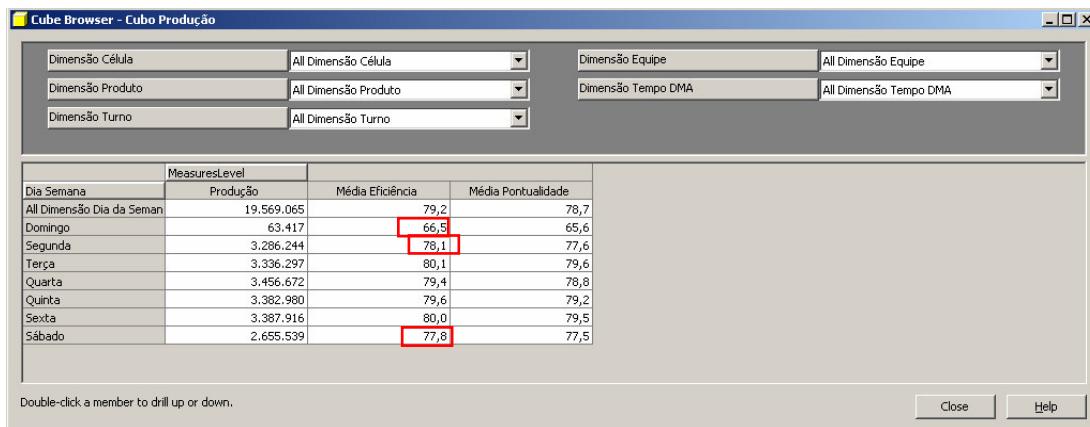


Figura 5.8. Cubo de Produção e seu comportamento em função do dia da semana

Continuando o processo de análise, o próximo relatório envolve a dimensão célula, conforme mostra a figura 5.9. Neste, observa-se também a grande variação de eficiência entre as áreas B1 e B2 e principalmente entre as células. Também é conhecido que as células P1, P2, P3, P4 e P5 fabricam os mesmos produtos da família P e que as células Z1, Z2, Z3 e Z4 fabricam os mesmos produtos da família Z; portanto, supõe-se que as células P deveriam ter valores semelhantes e que as células Z idem. Esta informação sugere a necessidade de se avaliar os motivos das discrepâncias tal que possibilitem tomadas de ações para nivelar os resultados. Dadas as amplitudes e eliminado-se as células que tiveram uma produção muito pequena quando comparadas às demais ($P1+P6<0,2\%$ do total), o melhor grupo de células para se iniciar o trabalho é o grupo das células Z (61,7% de participação).

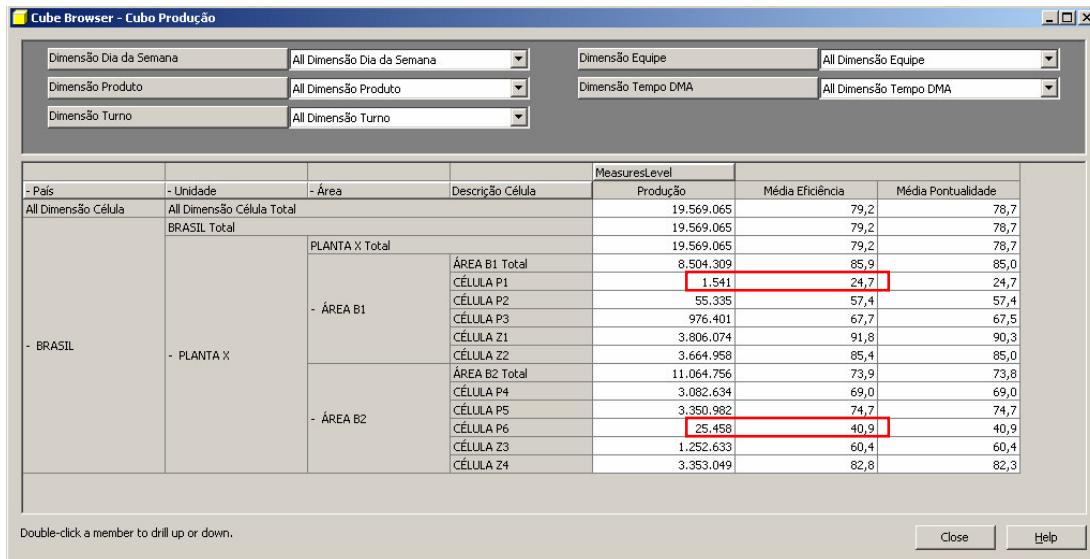


Figura 5.9. Cubo de Produção e a análise das células

A próxima dimensão a ser analisada é a dimensão Equipe. A figura 5.10 mostra esta dimensão, quais são as equipes de menor e maior eficiência, e portanto, onde devem ser tomadas ações de *benchmark*.

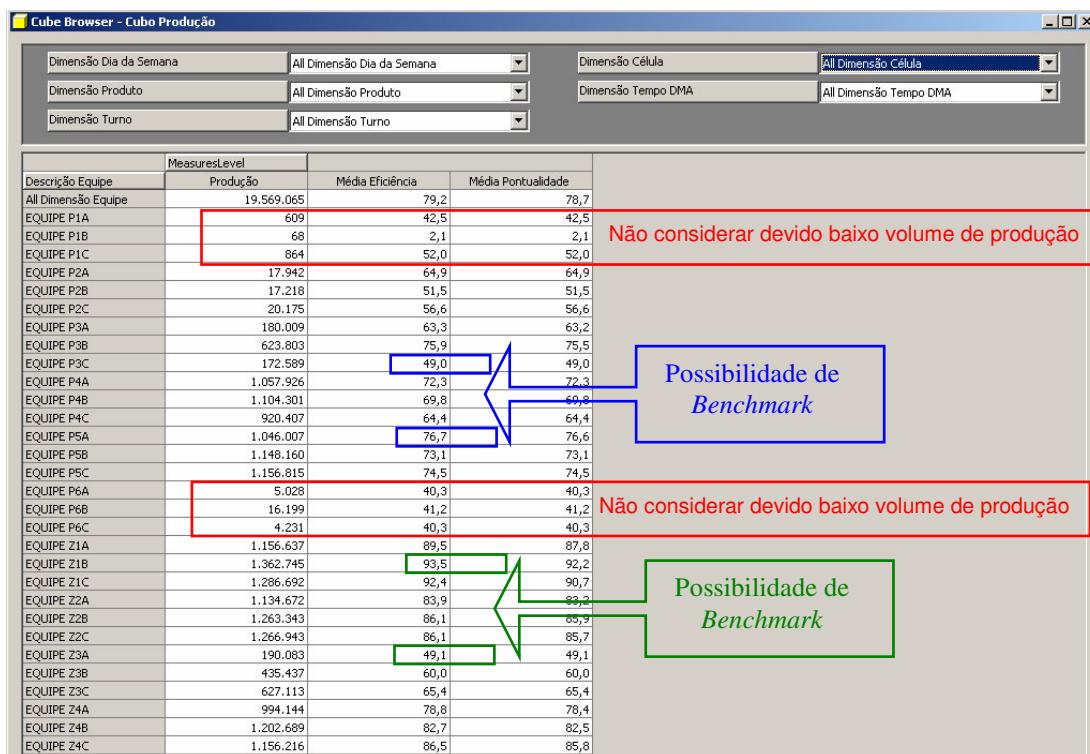


Figura 5.10. Cubo de Produção e a análise das equipes

A próxima análise deste cubo é com relação aos turnos, mostrada pela figura 5.11. Por meio desta figura, verifica-se que o resultado de eficiência entre os turnos está nivelado e, portanto, pelo menos inicialmente, não vale a pena despender esforços neste enfoque. Embora esta informação, aparentemente, não conduza a alguma melhoria, ela é muito importante pelo fato de mostrar que os turnos estão nivelados, deixando claro que o problema não está no turno em si. Com isso, o grande benefício é o de que não serão direcionados tempo e recursos na procura de causas vinculadas ao turno, conduzindo esse direcionamento para tratar de problemas mais salientes, como os da divergência de eficiência entre as equipes ou as células.

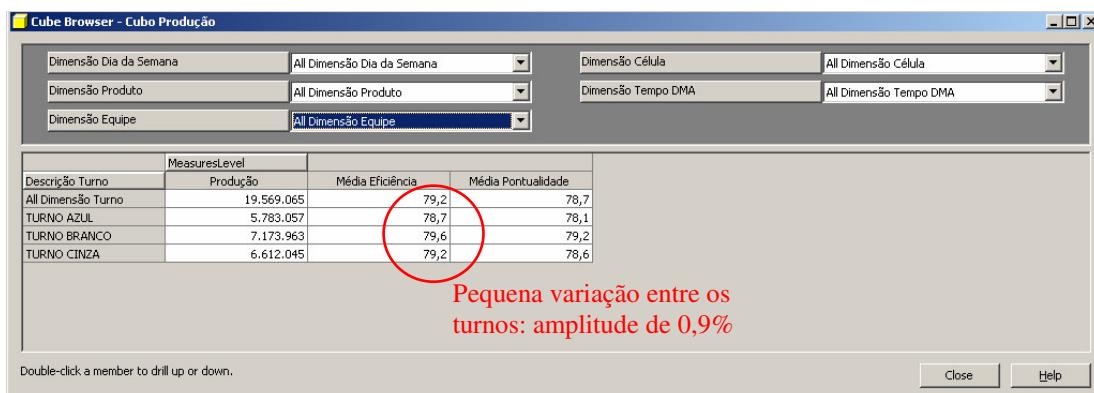


Figura 5.11. Cubo de Produção e a análise de turnos

A última análise que pode ser feita com este cubo versus uma dimensão isolada é com relação à dimensão Produto. Por meio desta tela, representada na figura 5.12, observa-se que a família P é a que possui menor eficiência entre o total. Aplicando-se um drill-down nesta família, despontam os produtos P18, P67, P90 e P98, que juntos representam 73,3% da produção da família P e 28,1% de todas os produtos. Isso significa que ações tomadas em apenas 4 produtos de um total de 293 trarão benefícios significativos para toda a área. Se ações forem tomadas pelo chão-de-fábrica em conjunto com a Engenharia de Produtos de forma que aumente a eficiência destes produtos em

10%, por exemplo, isto significará uma melhora de 7,3% para a família P ou de 2,8% para toda a área.

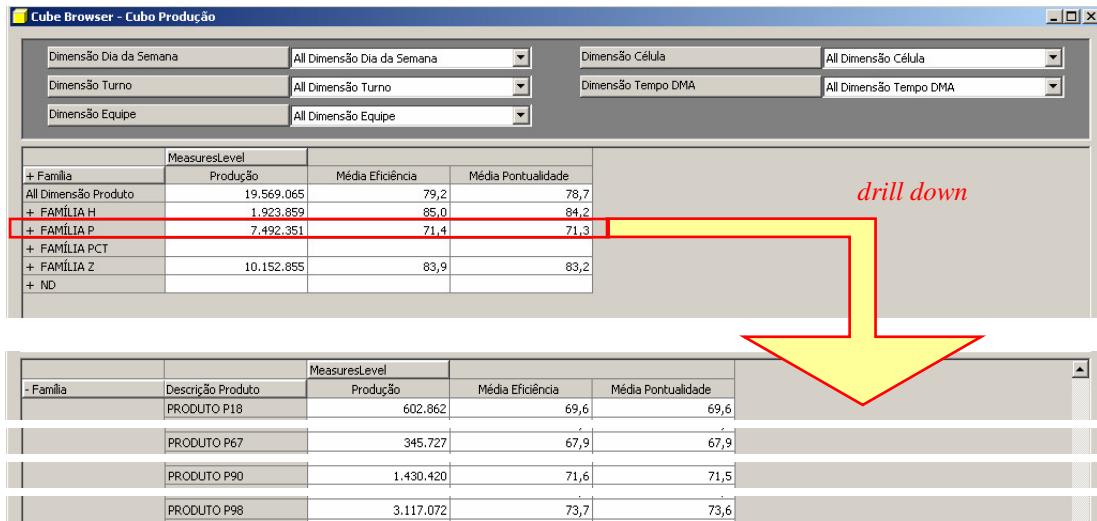


Figura 5.12. Cubo de Produção e a análise de produtos

Outras análises podem ser realizadas ainda cruzando-se dimensões ou usando-se as outras medidas: produção e pontualidade. O tipo e condução da análise dependerá basicamente da necessidade do usuário. No caso apresentado, o objetivo era procurar informações que pudessem conduzir a ações que resultassem na melhoria da eficiência, porém problemas diferentes podem surgir.

5.4.1.1. Integração com o Microsoft Excel

Embora o Analysis Services possua uma interface bastante amigável e flexível, ela não é a melhor opção de interface para com o usuário final. O Analysis Services, além de exigir um conhecimento adicional por parte do usuário para o estabelecimento da conexão com o banco de dados e a seleção dos cubos desejados (ver figuras 5.4 e 5.5), também não possui algumas funções básicas para a elaboração de relatórios, como possibilidade de

impressão e a construção de gráficos. O Analysis Services, no entanto, é totalmente integrável com o Microsoft Excel por meio das “Tabelas Dinâmicas”, uma tecnologia para desenvolvimento e integração com cubos OLAP. Agora, uma vez operando no Excel, passam a ser quase que infinitas as possibilidades de interação, sendo possível formatar e classificar células, personalizar relatórios, construir cenários, fazer análises estatísticas, elaborar gráficos diversos, copiar e colar dados, entre outras, tendo a vantagem de o Excel ser hoje uma ferramenta de amplo domínio dos profissionais das empresas.

Pela figura 5.13, é possível verificar o Cubo Produção trazido para dentro do Excel. Os dados apresentados pela Tabela Dinâmica estão em amarelo; as dimensões, em azul; e os dados copiados, colados e manipulados, em verde. Para selecionar as dimensões desejadas na análise, basta arrastar com o mouse as dimensões existentes logo acima do quadro de resultados para dentro da área amarela e, para um *slice and dice* numa dimensão, basta selecionar o botão “▼” à direita desta, tudo de forma interativa. Este cubo tem a mesma função do apresentado na figura 5.12, ou seja, avaliar os produtos que podem trazer maior contribuição à melhoria da eficiência e qual seria a repercussão desta melhoria no resultado global. No Excel foi possível fazer uma seleção e mostrar apenas os produtos cuja participação era significativa, calcular participações, projetar um cenário de evolução da eficiência e criar um gráfico para ilustrar esta evolução.

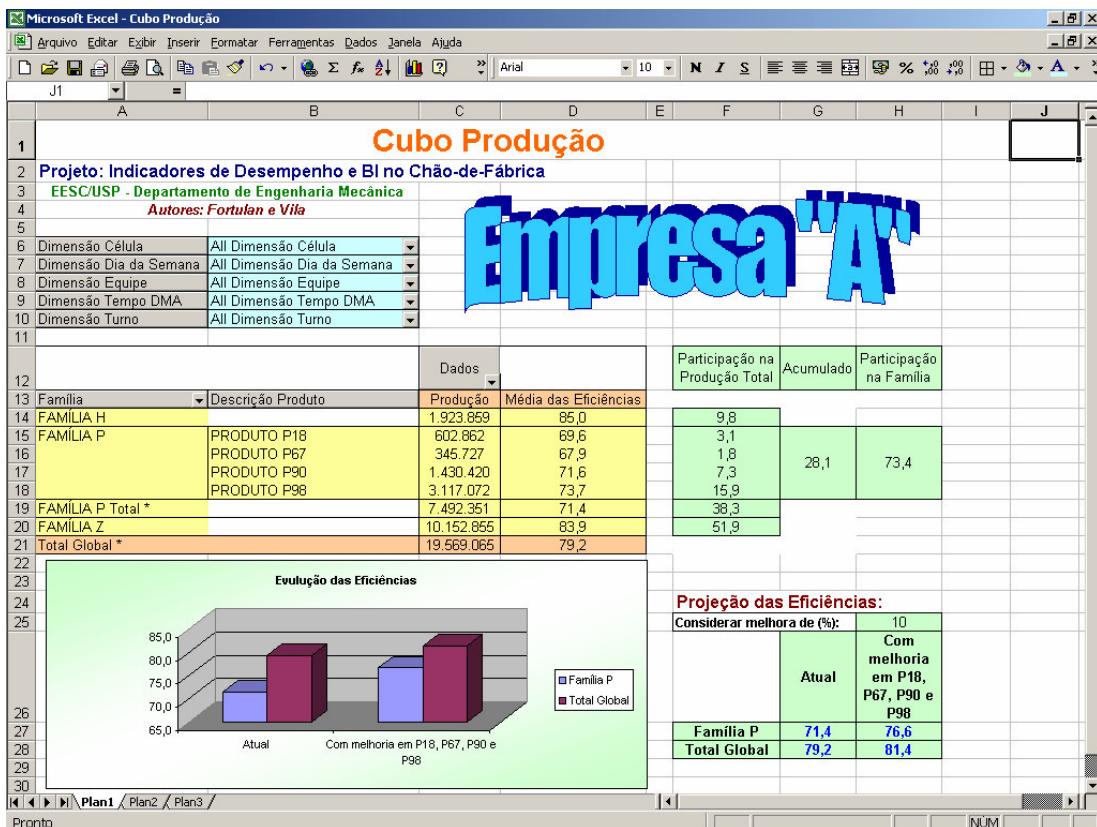


Figura 5.13. Cubo Produção personalizado com o Excel

Caso o usuário tenha dificuldades para iniciar o Excel e selecionar o cubo desejado, é possível ainda criar atalhos e puxá-los para o desktop do Windows, eliminando também esta dificuldade. Devido a essas facilidades e vantagens, os demais cubos a serem apresentados aqui serão executados diretamente no Excel, porém seus modelos dimensionais continuarão a ser desenvolvidos e mostrados no Analysis Services.

5.4.2. Cubo de Qualidade

O cubo de Qualidade, cujo modelo dimensional está mostrado na figura 5.14, apresenta como medida a “Qtde Falhas PÇ”, que representa a quantidade de falhas, em

número de peças, que ocorreu na dimensão analisada. A partir deste cubo, é possível verificar, por exemplo, qual célula, equipe, turno, máquina ou produto geraram mais defeitos e quais foram os tipos de defeitos. Pode-se, ainda, montar uma análise que faça uma combinação entre as várias dimensões citadas e mais as datas de fabricação, conforme a necessidade do gerente da área ou de outro usuário que necessite da informação. No entanto, uma informação muito importante quando se fala em índices de falha é o seu valor relativo entre a quantidade de falhas e a quantidade produzida, que normalmente é expresso em % ou PPM. Para conseguir esta informação, é necessário montar um cubo virtual combinando os cubos Produção e Qualidade, e aí então calcular esta medida, chamada neste cubo de “Falhas em PPM”.

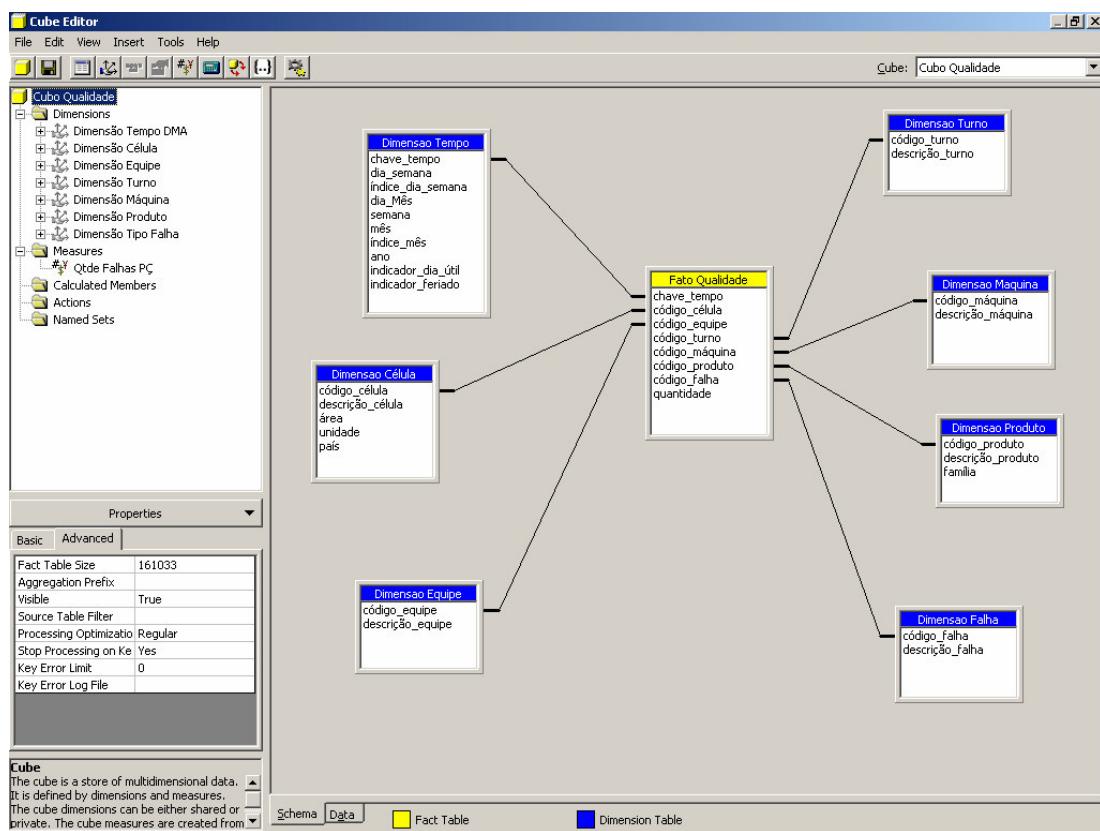


Figura 5.14. Modelo dimensional utilizado para a montagem do Cubo Qualidade

Uma análise típica de um gerente de chão-de-fábrica é buscar informações que possam levá-lo a tomar ações que reduzam a quantidade de falhas em sua área. Para tal,

ele precisa saber como está seu nível de falhas atual e como este vem se comportando ao longo dos anos. Essa informação pode ser obtida puxando-se a dimensão Tempo DMA (dia, mês e ano) para o campo dos dados. Por meio da figura 5.15 pode-se verificar que o índice de Falhas em PPM está praticamente estável ao longo dos últimos 3 anos, não demonstrando tendência de aumento nem de queda. Assim, o próximo passo do gerente deve ser avaliar o nível de falhas em função das demais dimensões, sem a preocupação com problemas localizados em função do tempo.

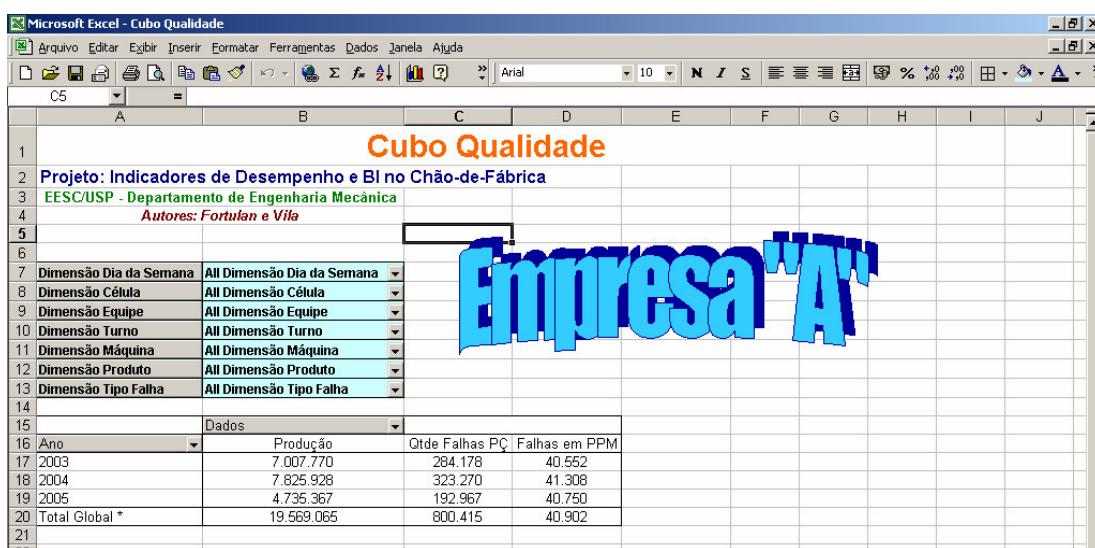


Figura 5.15. Cubo Qualidade e a evolução das falhas ao longo dos anos de 2003, 2004 e 2005

Por meio da figura 5.16, pode-se observar que a área B2 produz 78,3% mais defeitos que a área B1. Dentro da área B2, as células P4+Z3 são responsáveis por 34,2% do total de falhas geradas por todas as 10 células. Sabendo-se que as células P produzem os mesmos produtos da família P, e que as células Z produzem os mesmos produtos da família Z, pode-se também observar que, quando comparadas entre si (entre células P e entre células Z), as células P4 e Z3 são as de pior resultado por família. Isso indica um problema localizado e, portanto, a necessidade de ações prioritariamente nestas células. O tipo de ação ou trabalho a ser executado caberá ao gerente decidir, podendo ser, por

exemplo, a criação de um grupo de discussão, ou de um PDCA, ou de FMEA, ou seções de *Brainstorming*, ou aplicação de outra ferramenta de melhoria.

Vale observar, na figura 5.16, que, desde a dimensão total “Brasil” até a menor divisão da dimensão “células”, foram aplicados três *drill-downs*.

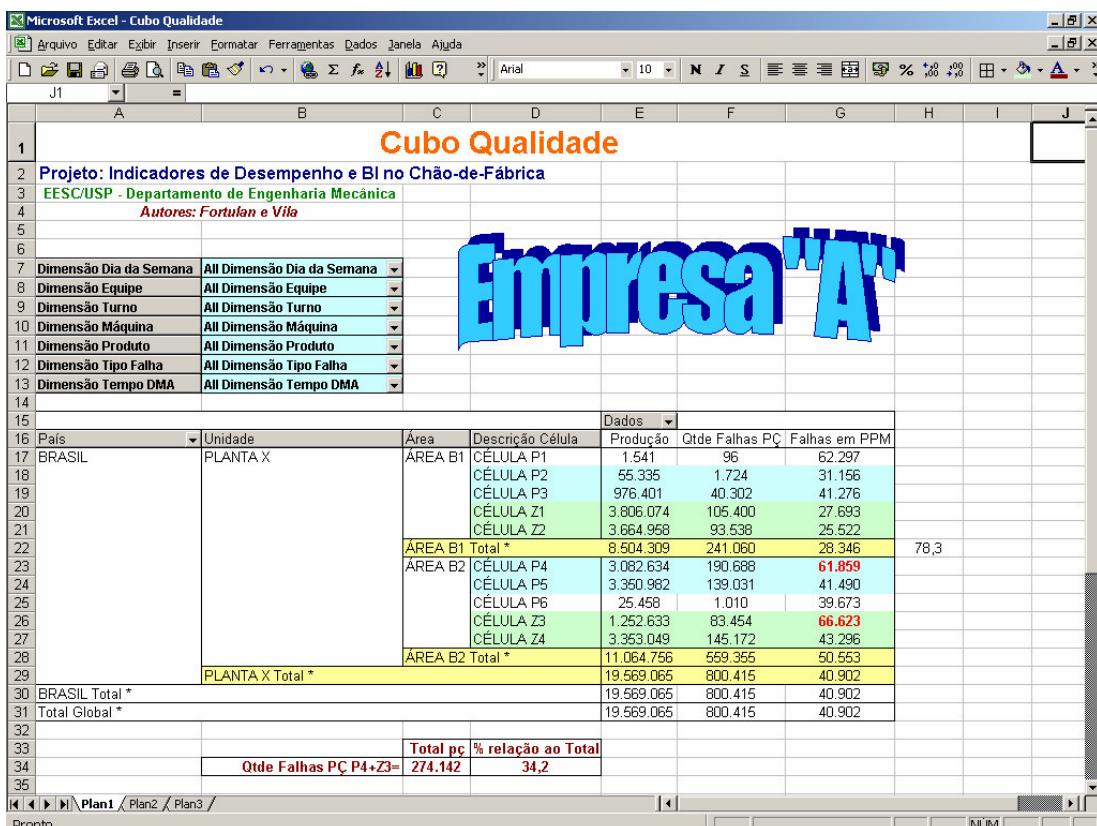


Figura 5.16. Cubo Qualidade e a análise de falhas por células

A figura 5.17, a seguir, mostra a análise de falhas por equipe. Para realização desta análise, os dados foram copiados da pasta “Cubo Original” e foram colados na pasta “Análise de Falhas por Equipe”. Nesta pasta, os dados das equipes foram classificados inicialmente pela medida “Falhas em PPM” e depois por “Descrição da Equipe”. Para a região cinza foram deslocados os dados das equipes que foram desprezadas na análise, pois produziram muito pouco no período e, portanto, trariam uma contribuição insignificante ao total. Separadas em dois grupos, equipes P e Z, observa-se o menor valor de cada

grupo destacado em verde. Estes valores foram as referências para o cálculo da coluna “Possibilidade de Melhoria até atingir P5C e Z2B”. Esta coluna mostra em quanto cada equipe precisa reduzir suas falhas até atingir os valores de P5C e Z2B. É conhecido que as equipes P produzem os mesmos produtos da família P, e que as equipes Z produzem os mesmos produtos da família Z; portanto, estes são valores potenciais de serem atingidos.

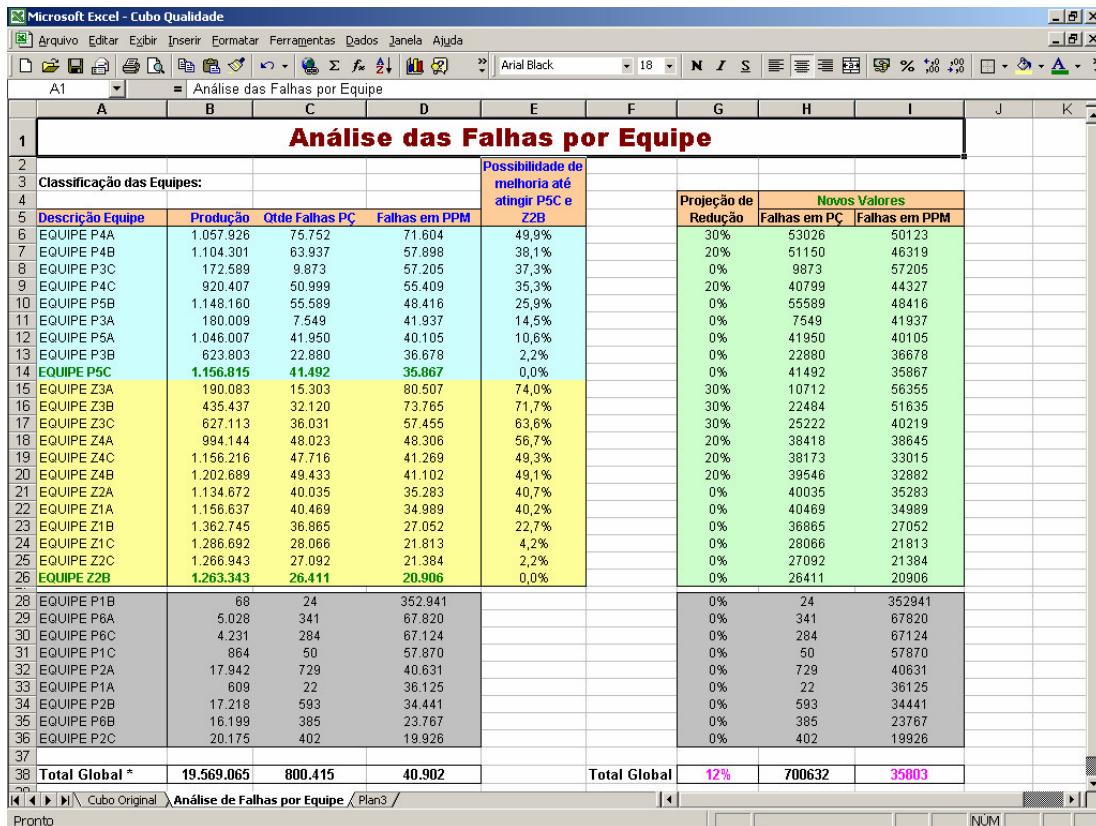


Figura 5.17. Cubo Qualidade e a análise de falhas por equipes

Por meio de uma simulação, projetando-se uma redução de falhas frente o valor potencial, descrito na área verde, pode-se saber qual o valor final das melhorias caso atingidos os valores projetados. Para o caso da presente análise, considerando-se os valores projetados por equipes, conseguir-se-iam, no final, uma melhoria global de 12% e um valor de Falhas em PPM de 35803. A próxima fase deveria ser então a de envolver os supervisores das equipes-alvo de melhoria (P4A, P4B, P4C, Z3A, Z3B, Z3C, Z4A, Z4B e Z4C), mostrar o potencial de melhoria, discutir as metas e formar grupos de trabalho para

detectar as causas e planejar ações. Não estariam livres destes grupos as demais equipes, porém, em termos de prioridade, elas viriam numa segunda fase. Novas simulações também poderiam ser executadas. Este tipo de informação, com significativo potencial de ganho, é fundamental para o direcionamento de ações de melhoria.

Outra análise bastante interessante para este cubo é cruzar as dimensões Equipe com Turno, fazendo um slice and dice nas equipes P4A, P4B, P4C, Z3A, Z3B, Z3C, Z4A, Z4B e Z4C, como mostra a figura 5.18. Por meio dessa análise, verifica-se que existem causas localizadas nos turnos, pois, em todos os casos, o turno AZUL possui um desempenho inferior ao turno BRANCO, que por sua vez é inferior ao turno CINZA. Esta informação deve conduzir a investigações para que se descubram as causas destas performances. Neste sentido, podem ser utilizados os cubos de Horas-Perda e Eventos, que serão discutidos na seqüência.

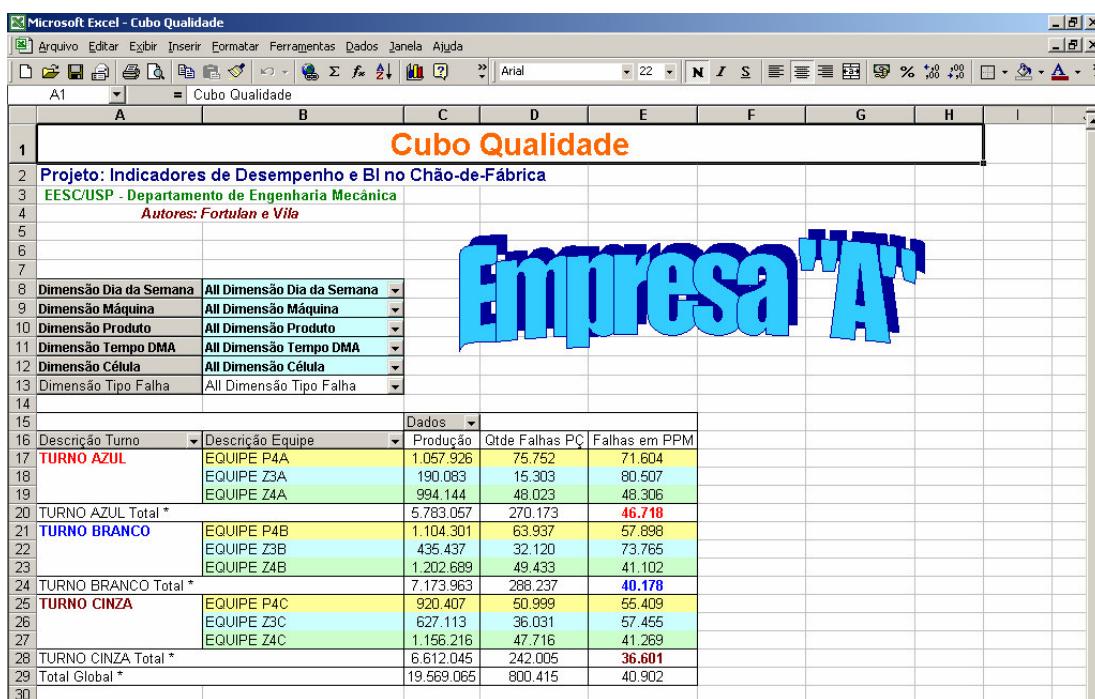


Figura 5.18. Cubo Qualidade e a análise de falhas por turnos e equipes

A análise por Tipo de Falha também pode direcionar a ações significativas. A figura 5.19 mostra que 40,7% dos defeitos são devidos à falha ES01. Re-arranjando-se o cubo logo em seguida, de forma a mostrar os dados apenas do defeito ES01 e apenas os produtos de maior participação, verifica-se que apenas 8 produtos, dos 293 existentes, são responsáveis por 46,4% do total das falhas ES01. Com base nesta informação, um trabalho deve ser feito com a Engenharia de Produtos, possivelmente um FMEA de produto, para avaliar as causas desta ocorrência e planejar uma revisão nos projetos deles.

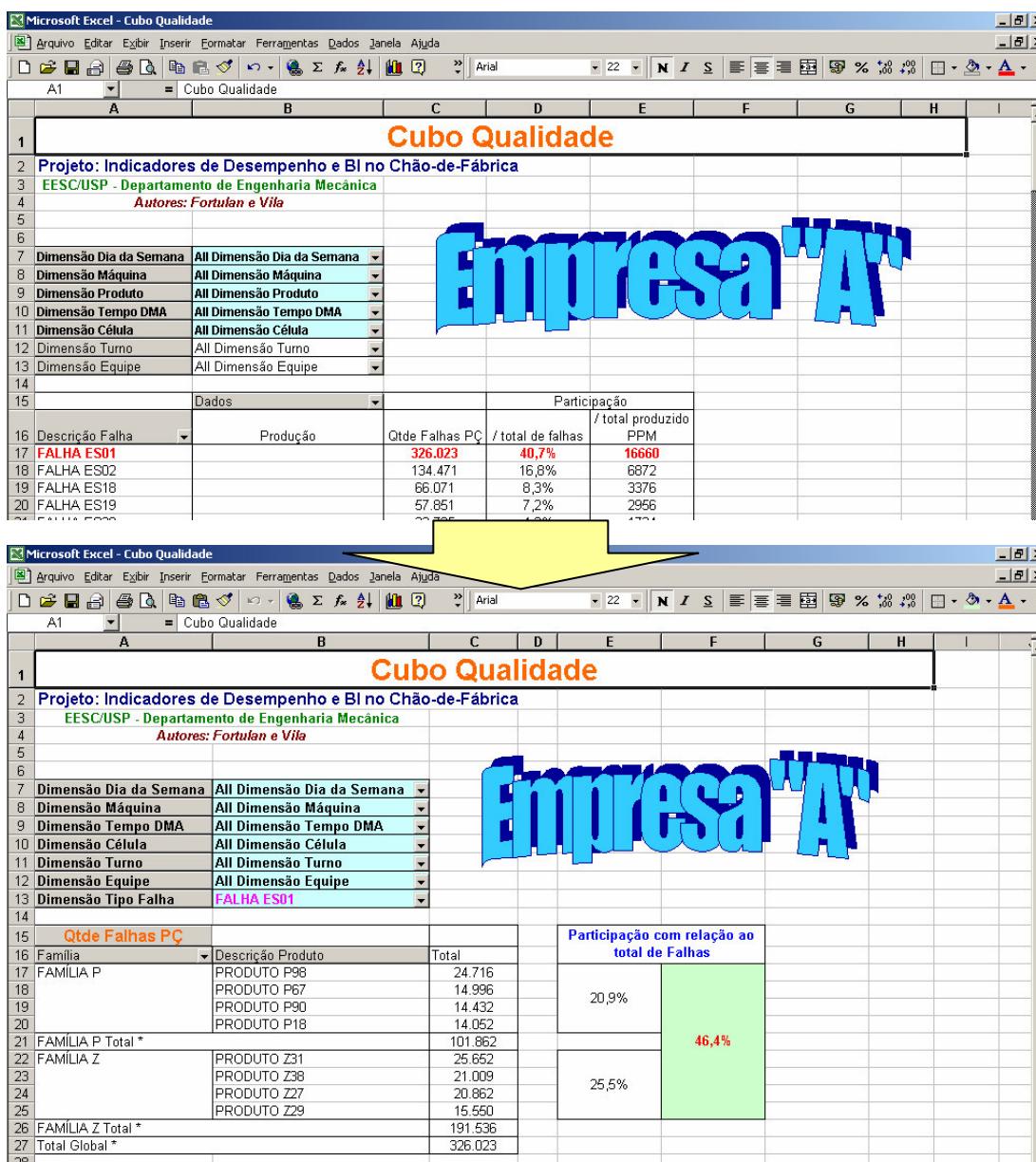


Figura 5.19. Cubo Qualidade e a análise de falhas por tipo de falha e produto

5.4.3. Cubo de Horas-Perda

O terceiro cubo proposto no modelo é o cubo de Horas-Perda. Este cubo permitirá realizar análises semelhantes às dos cubos de Produção e Qualidade, combinando as dimensões data, célula, equipe, turno, máquina, produto e código da hora-perda em função da quantidade de horas perdidas. A primeira análise a ser feita é verificar quais são os principais tipos de horas-perda. A figura 5.20 mostra que 90% das perdas estão concentradas em 5 tipos, dos 66 existentes. Portanto, investir esforços e recursos no tratamento de outro tipo de hora-perda seria um desperdício de ambos. O próximo passo é verificar se há alguma relação entre estes cinco tipos de horas-perda e as outras dimensões, como tempo e turno, por exemplo. Esta análise pode ser vista pela figura 5.21, na seqüência.

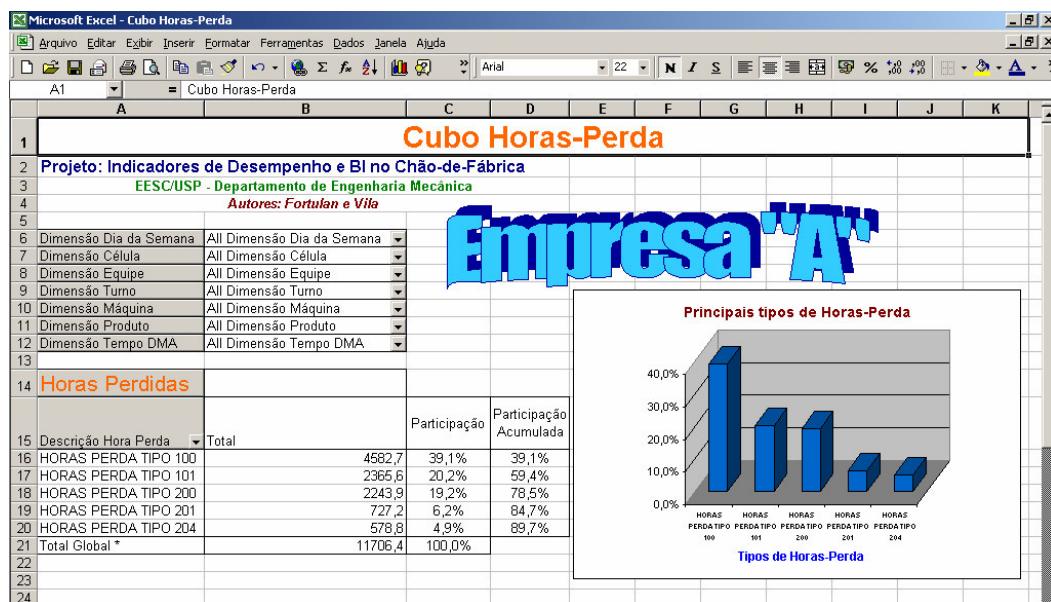


Figura 5.20. Cubo Horas-Perda e a análise dos principais tipos de perdas

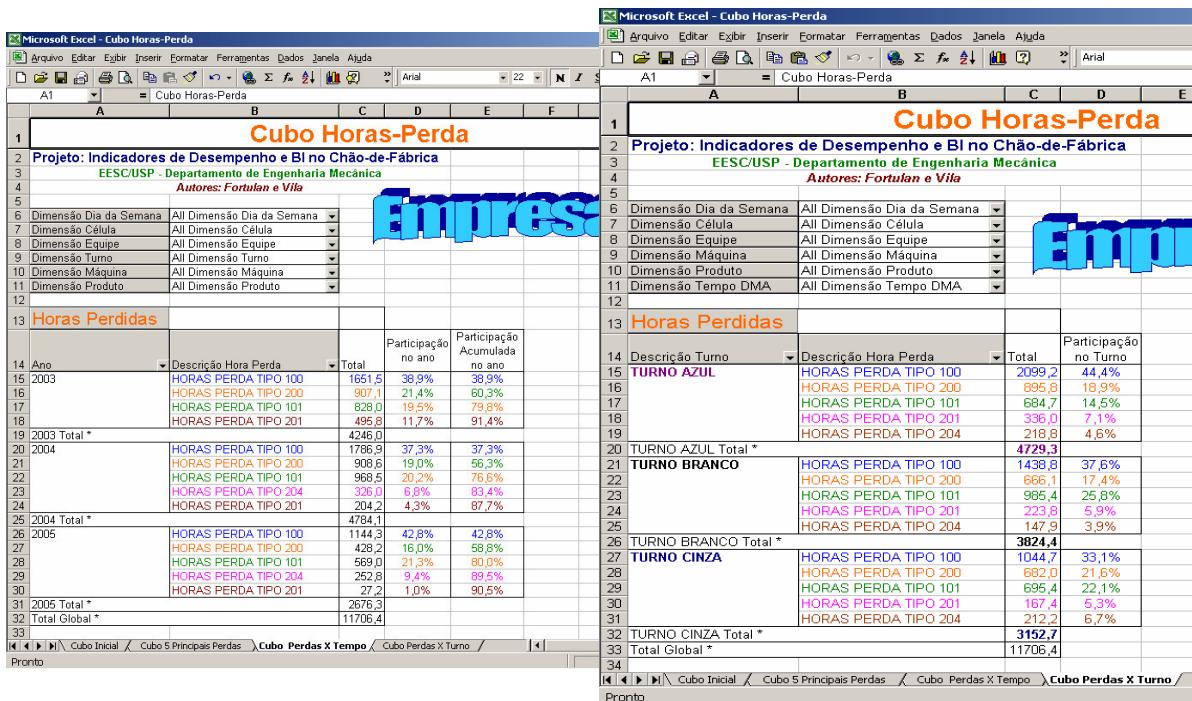


Figura 5.21. Cubo Horas-Perda X Tempo e Horas-Perda X Turno

Por meio da figura 5.21 verifica-se, inicialmente, que os tipos de horas-perda mantiveram-se praticamente na mesma posição ao longo dos anos de 2003, 2004 e 2005. A causa 100 sempre foi a mais significativa, e, portanto, é para onde mais se devem direcionar esforços, pois sua contribuição é de aproximadamente 40% das perdas. Seguida pelas causas 101 e 200, que se alternam na posição de participação ao longo dos anos, estas também merecem atenção. Já a causa 204 não ocorreu no ano de 2003, e em 2004 e 2005 surge como o quarto principal motivo das perdas. A justificativa para isto, buscando-se informações na “Empresa A”, é que em 2003 esta causa não era apontada. Simulações podem ser feitas projetando-se reduções destas horas-perda e transformando-as em horas produzidas que, se somadas às horas produzidas totais da área, podem refletir de quanto seria o aumento da eficiência.

Ainda com base na figura 5.21, vendo agora a participação dos turnos, duas conclusões importantes podem ser tiradas: primeiro, que o turno AZUL apresenta a maior

quantidade de horas perdidas entre os três turnos, fato que pode estar relacionado com a maior quantidade de falhas ocorridas no turno AZUL, mostrado pela figura 5.18. Com base em informações fornecidas pela “Empresa A”, sabe-se que a causa das horas-perda 100 possui grande relação com a quantidade de falhas. Desta forma, abordar as falhas pode resultar em redução das perdas 100 e vice-e-versa. A segunda conclusão é que, entre os turnos, os tipos de horas-perda contribuem sempre na mesma ordem, portanto não são problemas relacionados aos turnos em si.

5.4.4. Cubo de Eventos

A última tabela de Fatos a ser analisada separadamente é a de Evento. Embora esta seja uma tabela em que são apontadas as ocorrências do negócio – no caso os eventos ocorridos – não é possível montar um cubo isolado a partir dela, pois nesta não há campos numéricos, necessários para a elaboração das agregações. Por outro lado, a intenção da tabela Fato Evento é relacionar os eventos ocorridos aos resultados obtidos na Produção, Qualidade e Horas-Perda. Para resolver este problema, ao longo do desenvolvimento do trabalho lançou-se mão de diversas tentativas de integração da tabela Fato Evento com as demais tabelas de Fato. A solução final e efetiva para este caso veio com a introdução de um Snowflake, onde o tabela Fato Evento foi relacionada às outras tabelas de Fato e a tabela de Dimensão Evento foi relacionada à tabela Fato Evento. Desta forma, foram criados três cubos envolvendo as tabelas Fato Produção, Qualidade e Horas-Perda, utilizando-se o SnowFlake formado pelas tabelas Fato Evento e Dimensão Evento. Em seguida, foi criado um cubo virtual integrando os três cubos. O modelo dimensional do cubo Evento X Produção pode ser visto a seguir na figura 5.22.

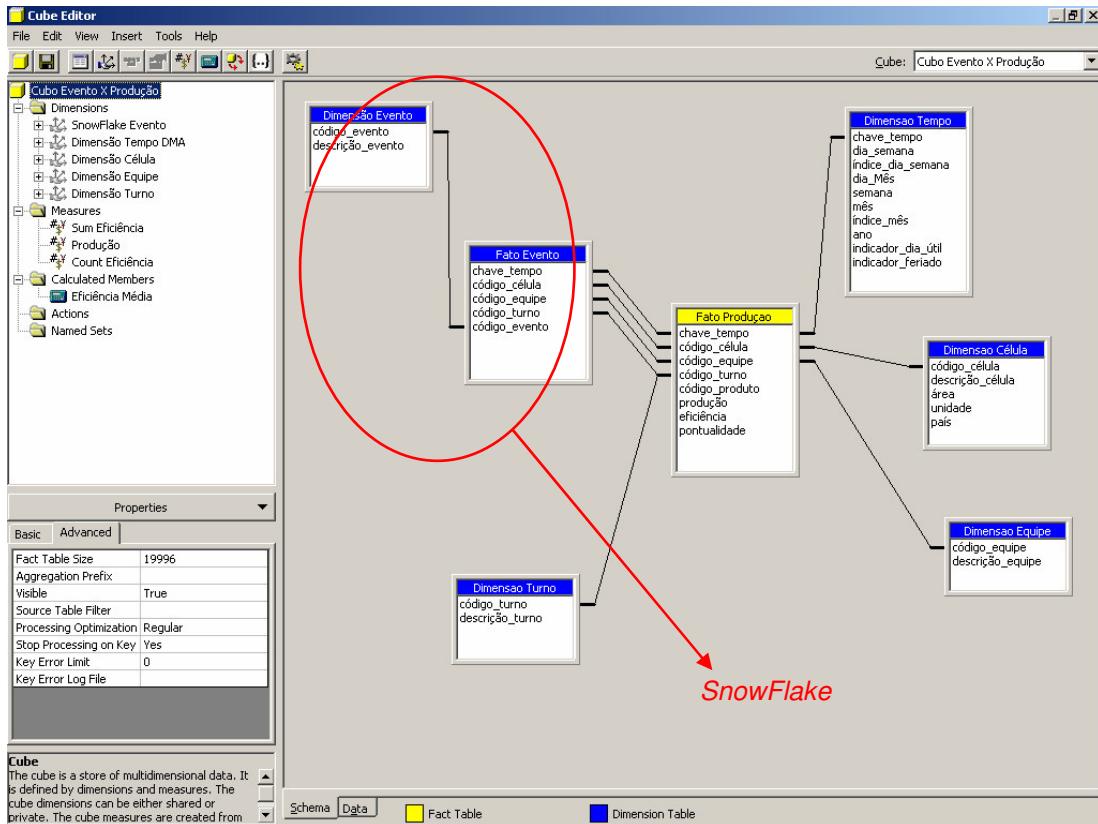


Figura 5.22. Cubo Evento X Produção e o SnowFlake

Os modelos dimensionais dos cubos Evento X Qualidade e Evento X Horas-Perda são semelhantes ao da figura 5.22. O modelo dimensional do cubo virtual não poderá ser mostrado, pois o Analysis Services não consegue mostrar esquemas de modelos virtuais. Uma análise deste cubo pode ser vista por meio da figura 5.23, em que se verifica que as medidas Eficiência e Falhas em PPM praticamente não sofrem influência em função dos eventos, conforme mostram as linhas de amplitude e desvio-padrão frente aos valores máximos. Desta forma, os eventos foram classificados decrescentemente em função das Horas-Perda. Assim, verifica-se que os eventos 09, 04 e Nenhum Evento Ocorreu estão relacionados a 65% do total das horas perdidas. Eliminando-se Nenhum Evento Ocorreu, os eventos 09 e 04 estão relacionados a 49% das horas perdidas.

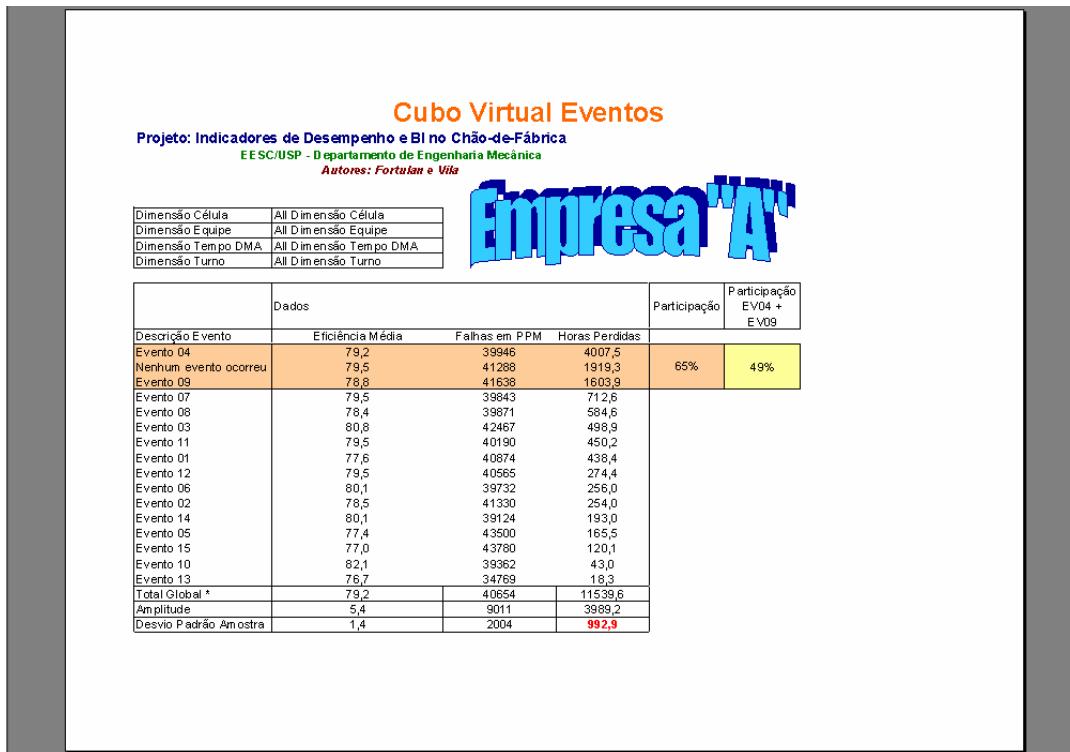


Figura 5.23. Análise da influência dos eventos nas medidas de Produção, Qualidade e Horas-Perda

Aprofundando-se na análise, figura 5.24, verifica-se que os eventos 09 e 04 estão mais concentrados nas equipes P4B, Z4A, P4A e P5B, e ocorrem exclusivamente nos turnos AZUL e BRANCO. Desta forma, fica mais fácil analisar o porquê da sua ocorrência e que ações podem ser tomadas para reduzir a sua incidência. Vale reforçar que os dados existentes nesta tabela Fato Eventos foram simulados, portanto, as conclusões aqui apresentadas estão baseadas em situações hipotéticas. Este fato, no entanto, não tira o valor da análise e das conclusões, pois os dados acabam refletindo a realidade. Outra consideração que vale reforçar é que o apontamento dos eventos é algo bastante subjetivo e, por isso, eles devem ser investigados minuciosamente antes que seja tomada qualquer decisão mais severa.

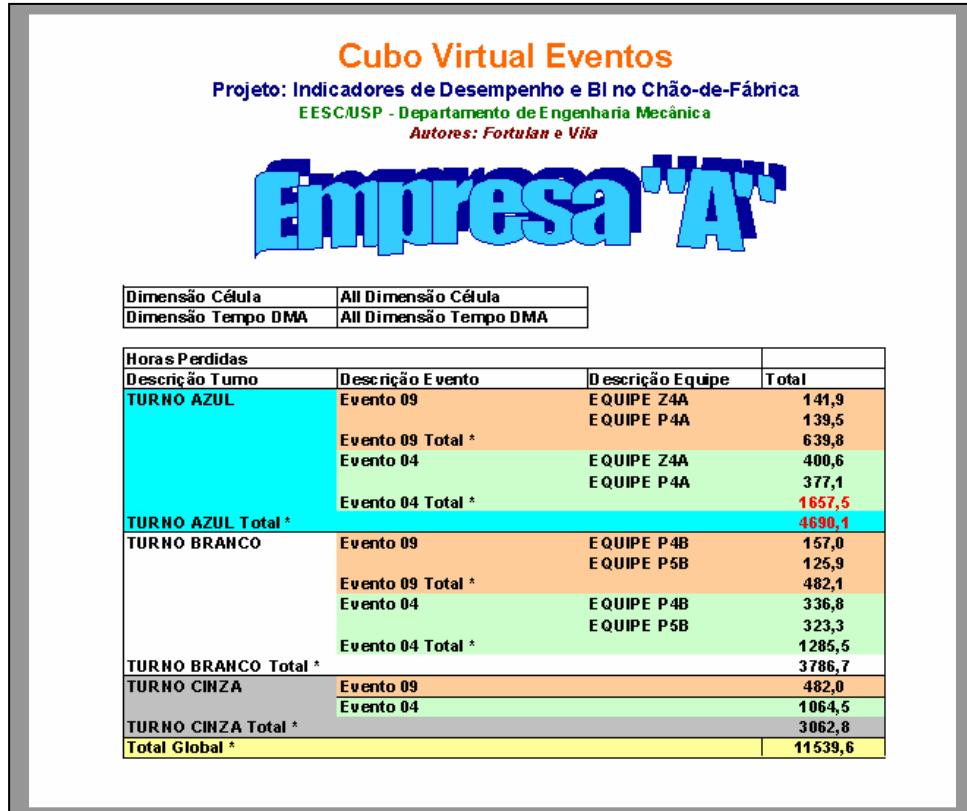


Figura 5.24. Análise da influência dos eventos X equipes X turnos

5.4.5. Cubo Virtual Produção X Qualidade X Horas-Perda

O último cubo que será montado neste trabalho, mas que não esgota todas as possibilidades, é o cubo virtual envolvendo Produção, Qualidade e Horas-Perda. Por meio deste cubo, todos os tipos de análise em função das dimensões, conforme já executadas nos cubos anteriores, podem ser executados aqui também. A figura 5.25 mostra, numa análise simples, simultaneamente, o comportamento da eficiência, falhas em PPM e horas perdidas ao longo dos anos de 2003, 2004 e 2005. Pode-se observar neste relatório que, quanto maior a quantidade de horas perdidas, menor a eficiência, e vice-e-versa. Este resultado, embora já fosse esperado, serve aqui basicamente para mostrar o funcionamento do cubo. Outra questão que foi levantada nesta pesquisa é se a eficiência cresce conforme cai a quantidade de falhas. Embora a resposta esperada fosse que sim, pois com menos

falhas obtém-se mais peças boas na primeira vez em que a peça é processada, conforme mostram os dados, não foi o que aconteceu na “Empresa A”.



Figura 5.25. Cubo Virtual de Produção X Qualidade X Horas-Perda

5.5. Aplicação de *Data Mining*

Outra possibilidade de análise propiciada por este modelo é conseguida por meio de uma ferramenta de Data Mining. Pelo fato de seus dados já estarem integrados e consolidados dentro de um Data Mart, o processo de aplicação da ferramenta torna-se mais fácil. No entanto, a ferramenta de Data Mining não é tão simples de se utilizar quanto os cubos OLAP e, por isso, será necessária a ajuda de um especialista de TI ou um treinamento adequado para o gerente do chão-de-fábrica. A aplicação de uma ferramenta de Data Mining sobre um conjunto de dados não quer dizer que necessariamente serão encontradas informações escondidas entre os dados, pois pode acontecer de que, naquele

conjunto de dados, não haja ocorrência de padrões de comportamento que se destaque. Porém, mesmo com estas dificuldades e incertezas, uma vez com o modelo pronto, certamente é viável executar o Data Mining, mesmo que a título de curiosidade ou aprendizado.

Para a análise feita nesta tese sobre os dados da “Empresa A”, será utilizada a ferramenta que faz parte do Analysis Services, o Mining. A figura 5.26 mostra uma pesquisa que foi estruturada sobre o Mining e todos os seus detalhes. Do lado esquerdo da tela é apresentada a estrutura da pesquisa, como o campo predizível e quais dados de entrada foram utilizados. No centro fica a árvore de comportamentos, onde a cor de cada caixa representa a concentração de sua participação nas ocorrências: quanto mais escura, maior a participação do chamado nó. À direita, no quadro atributo, ficam as análises numéricas de cada nó em função do campo predizível.

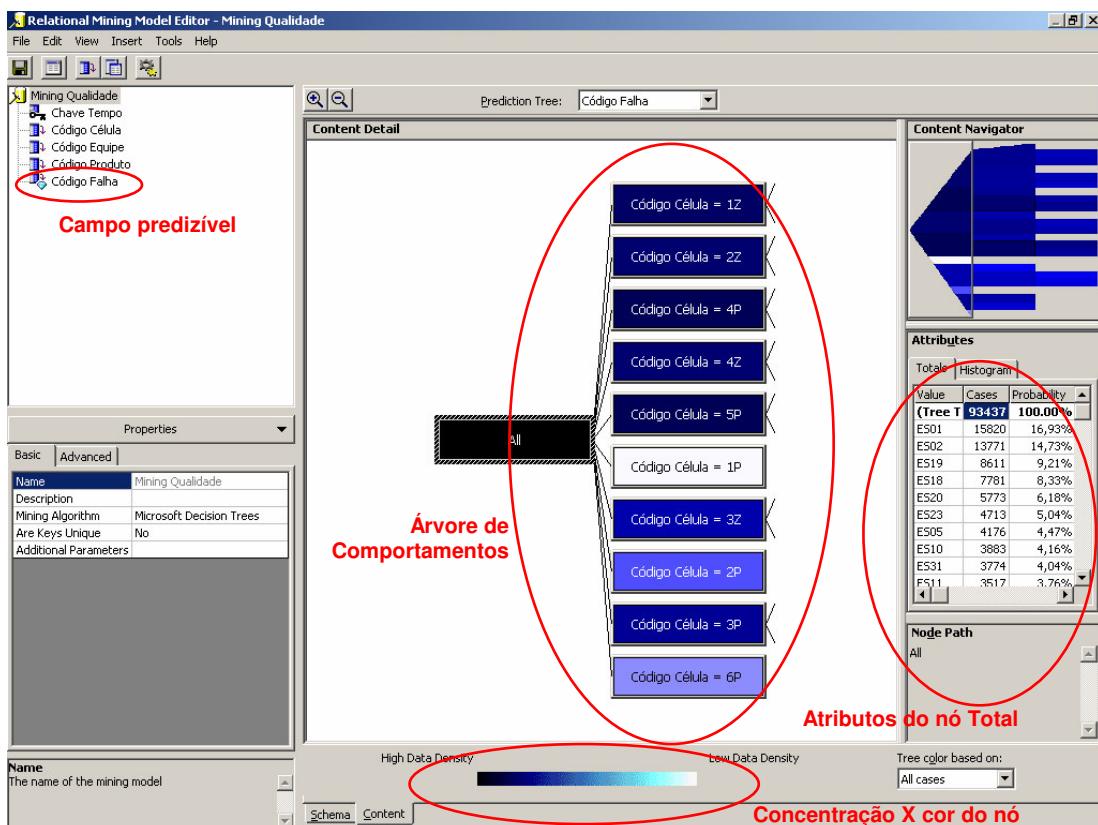


Figura 5.26. Ferramenta Mining e uma pesquisa com os dados da tabela Fato Qualidade

A primeira informação que se pode tirar, olhando-se os atributos do nó total, é a participação de cada tipo de falha. Nesta análise, não são considerados os valores apontados para cada falha, mas sim a quantidade de ocorrências. Assim, verifica-se, em ordem decrescente, que a falha ES01 representa 16,9% do total das ocorrências, seguida pelas falhas ES02 (14,73%), ES19 (9,21%), ES18 (8,33%) e assim por diante. Cada nó pode também ser avaliado em termos de seus atributos, como o nó “Código Célula = 4P”. Neste nó, responsável por 20.935 ocorrências do total de 93.437 analisadas, verifica-se que a classificação das falhas segue agora a ordem de ES01, ES02 e ES31 e ES18, deixando a falha ES19, neste nó, de ser uma das mais críticas (figura 5.27).

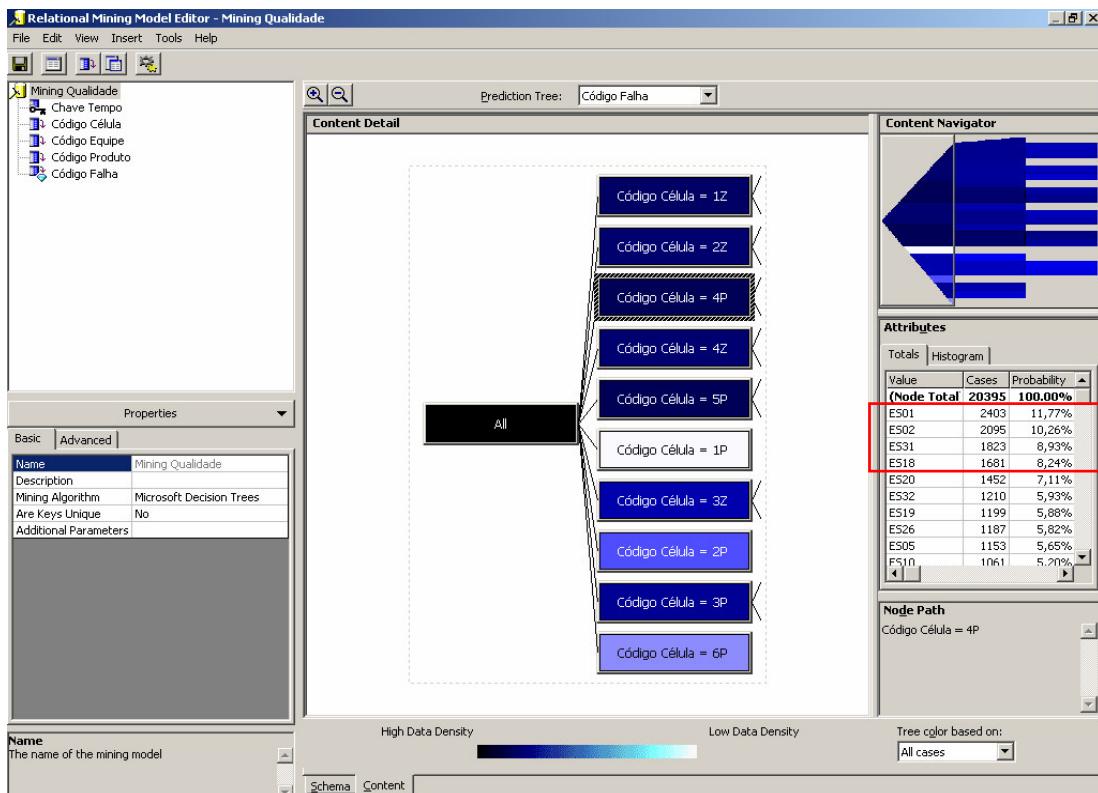


Figura 5.27. A ferramenta Mining mostrando os atributos do nó “Código Célula = 4P”

Os traços que saem da frente do nó “Código Célula = 4P” indicam que foram detectados mais detalhes sobre ele. Abrindo-se esses detalhes, figura 5.28, é possível verificar que o nó “Código Equipe = 4PB” responde por 35% das ocorrências deste nó, e as

demais ocorrências (65%) estão distribuídas nas equipes que não são as 4PB. Dentro das equipes que não são a 4PB, 42% das ocorrências estão vinculadas à equipe 4PC, e as demais (58%) estão distribuídas nas equipes que não são as 4PC. Com base nessas informações, o gerente poderia tomar decisões para a redução das ocorrências das falhas nas células 4P e 5P, as mais populosas conforme a figura 5.26, e sobre as falhas ES01 e ES02, as mais freqüentes conforme as figuras 5.27 e 5.28. Sabendo-se que na célula 4P atuam apenas as equipes 4PA, 4PB e 4PC, couberam à equipe 4PA 7.670 ocorrências de falhas (38%); portanto, é a equipe que deve ser analisada inicialmente.

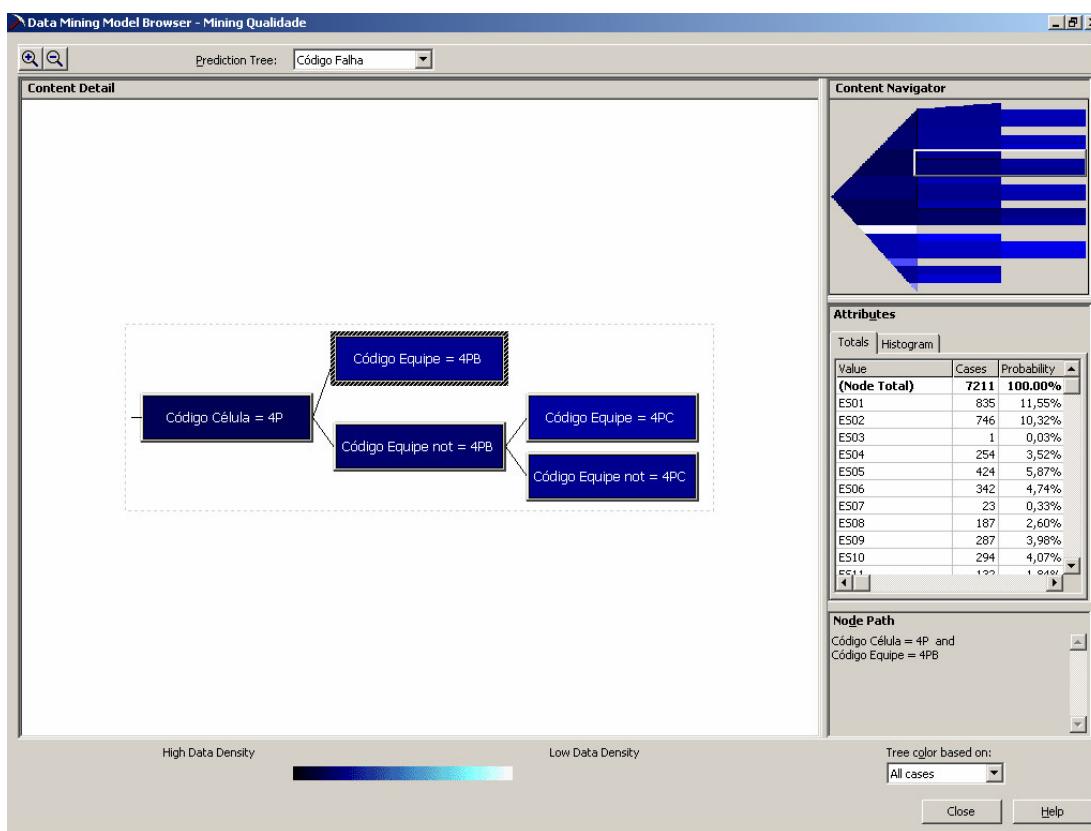


Figura 5.28. A ferramenta Mining mostrando os detalhes do nó “Código Célula = 4P”

As possibilidades de análises com a ferramenta Mining vão muito além do apresentado, cabendo inclusive, nesta mesma estrutura de análise, muito mais verificações do que as que foram feitas. No entanto, o uso do Mining, como já foi comentado, é um exercício de pesquisa e descoberta, que deve ser feito com calma e cautela explorando-se

as diversas possibilidades. Por exemplo, esta análise foi elaborada diretamente sobre a tabela relacional, mas também poderia ter sido estruturada sobre os cubos OLAP. A técnica de busca utilizada foi a “Microsoft Decision Trees”, mas existe também a possibilidade de se trabalhar com a “Microsoft Clustering”. Isso vai depender, basicamente, do interesse, disponibilidade e conhecimento do usuário do sistema, porém deixa claro as possibilidades de uso, podendo o Mining ser, inclusive, um ponto de partida para a execução de análises mais focalizadas com o OLAP, visando assim um ganho de tempo, uma vez que a pesquisa passará a ser mais direcionada.

Capítulo 6

Conclusão

O objetivo deste trabalho, apresentado em seu início, era desenvolver e implementar, por meio de um sistema informatizado, um modelo que contivesse um conjunto de indicadores de desempenho específicos para o chão-de-fábrica. Esses indicadores de desempenho deveriam ser baseados nos dados históricos do processo produtivo e também ser facilmente acessíveis. A finalidade de tal modelo era auxiliar o gerente ou tomador de decisões do chão-de-fábrica nas suas decisões cotidianas bem como em projetos de melhoria. O sistema proposto para essas tarefas tinha ainda outra exigência: ser capaz de trabalhar ou não, integrado a um sistema ERP. Ou seja, não deveria exigir investimentos em novos Sistemas de Gestão. Para tal, foi proposta e implementada uma ferramenta de BI. Neste trabalho, inicialmente, foi conduzida uma ampla pesquisa a respeito de Sistemas de Informação voltados para empresas de manufatura (Capítulo 2), com destaque para sistemas ERP, SCM, MES e Sistemas de Medição de Desempenho, e a respeito dos SAD/BI (Capítulo 3) com destaque para os *Data Warehouse*, OLAP e *Data Mining*. Também foi feita uma busca na literatura científica sobre o estado da arte a respeito do assunto. De posse deste conhecimento, foi elaborado um modelo (Capítulo 4) e implementado (Capítulo 5), a partir do qual o objetivo foi alcançado com sucesso.

No caso da empresa estuda, chamada aqui com o nome fictício de “Empresa A”, não existiam um sistema ERP integrado ao BI nem coleta automática de dados. Mesmo assim, nas análises feitas com os cubos de Produção, Qualidade, Horas-Perda, Eventos e os

cubos Virtuais, 15 (quinze) possibilidades de direcionamento de trabalho foram verificadas, ou seja, 15 oportunidades de melhoria foram identificadas. Em várias destas análises também foram construídos cenários do tipo “O que acontecerá se...”. Como se trata de um sistema de apoio à decisão e não de tomada de decisão, cabe ao gerente decidir, para cada situação, qual ação tomar, porém, agora, com base em informações seguras e, portanto, com maiores chances de sucesso. Outra possibilidade de uso dos cubos OLAP não abordada neste trabalho, consiste da sua aplicação partindo-se de um resultado desejado em direção a um foco de trabalho; por exemplo, sabe-se que determinada falha precisa ser reduzida em “X%” ou eliminada e utiliza-se o sistema para descobrir onde (célula, equipe, turno, máquina e produto) ela é mais freqüente. Teoricamente, o modelo apresentado possui uma considerável quantidade de possibilidades de análise, permitindo ao gerente, em função da sua necessidade, combinar as dimensões e obter as informações de que precisa. Isso elimina o excesso de relatórios pré-formatados e deixa o sistema adequado para questões *ad-hoc*. Um cálculo teórico das possibilidades de análise pode ser feito combinando cada medida com as dimensões relacionadas à esta, conforme mostram os cálculos a seguir:

- Cubo de Produção - 5 dimensões e três medidas:

$$C_{\text{Produção}} = C_{5,1} + C_{5,2} + C_{5,3} + C_{5,4} + C_{5,5} = 31 \times 3 = 93$$

- Cubo de Qualidade - 7 dimensões e duas medidas:

$$C_{\text{Qualidade}} = C_{7,1} + C_{7,2} + C_{7,3} + C_{7,4} + C_{7,5} + C_{7,6} + C_{7,7} = 127 \times 2 = 254$$

- Cubo de Horas Perda - 7 dimensões e uma medida:

$$C_{\text{Horas Perda}} = C_{7,1} + C_{7,2} + C_{7,3} + C_{7,4} + C_{7,5} + C_{7,6} + C_{7,7} = 127$$

- Cubo de Eventos - 5 dimensões e três medidas

$$C_{\text{Eventos}} = C_{5,1} + C_{5,2} + C_{5,3} + C_{5,4} + C_{5,5} = 31 \times 3 = 93$$

- Total = 567 combinações possíveis, considerando-se apenas os quatro cubos e sem considerar os possíveis sub-níveis de cada dimensão ou a posição de cada dimensão na consulta.

Na prática, o valor 567 acaba sendo apenas simbólico, pois algumas combinações não fazem nem mesmo sentido, mas a intenção dos cálculos foi a de demonstrar a capacidade de análise do modelo.

O uso da ferramenta OLAP e Mining, pertencentes ao Analysis Services da suíte Microsoft SQL Server 2000 – Enterprise Edition, foram suficientemente capazes de executar o trabalho proposto. Quando o OLAP do Analysis Services é integrado ao Excel a ferramenta mostra muito mais capacidade, tornando o trabalho muito mais interativo com o usuário e livre para customizações. Ficam aqui, então, essas ferramentas como sugestão de ferramentas para BI.

O desenvolvimento do modelo e a implementação em uma situação prática deixaram clara a necessidade de se garantir a qualidade dos dados. Dados sem qualidade irão gerar informações erradas, o que conduzirá a ações erradas. Isso pode colocar a área em risco bem como a empresa como um todo. Por isso, deve ser o ponto de partida para a elaboração do projeto de BI. Todas as fases citadas no Capítulo 2 para que se garanta a qualidade dos dados e, no Capítulo 3 para a implantação de um *Data Warehouse*, são importantes de serem observadas. Todo o processo do BI deve estar sistematizado, e a integridade referencial dos dados deve ser garantida incondicionalmente. Para tal, pode-se lançar mão de processos automáticos para coleta dos dados, integração com Sistemas Integrados de Gestão (ERP) ou programas *front-end* suficientemente robustos para a entrada dos dados.

Os indicadores selecionados, baseados nas referências bibliográficas e conhecimento prático do chão-de-fábrica obtido na “Empresa A”, mostraram-se bastante adequados ao processo de gerenciamento da área e à proposta inicial. Separados em quatro grupos – produção, qualidade, horas-perda e eventos – eles foram suficientes para cobrir o atual processo de fabricação da “Empresa A” e indicar diversas possibilidades de

melhoria. Os indicadores podem, ainda, ser ampliados em função da empresa em que será aplicado, podendo aumentar ainda mais a contribuição da proposta.

A inovação no desenvolvimento do Cubo Evento foi uma das principais contribuições desta tese, pois não foram encontradas referências sobre este tipo de indicador ou à modelagem aplicada na literatura científica, voltadas ou não ao chão-de-fábrica. Como não havia histórico dos eventos ocorridos na “Empresa A”, foi preciso gerar dados simulados para testar o cubo. As análises relacionadas ao Cubo Evento mostraram-se bastante interessantes, permitindo relacionar os eventos ocorridos na área com os demais indicadores: produção, qualidade e horas-perda. Devido à exploração pioneira do assunto, este que deve ser evoluído com cautela, pois os resultados são ainda subjetivos e as conclusões obtidas na implementação foram baseadas em situações hipotéticas. Seu uso sugere também ser muito adequado às empresas de serviço, como alimentação e saúde, permitindo relacionar diversos comportamentos com eventos específicos da área. É possível afirmar, portanto, que o seu correto uso e aplicação podem trazer contribuições significativas não só ao chão-de-fábrica como também às demais áreas da empresa ou outros tipos de empresas.

A aplicação do *Data Mining* apresentada foi bastante superficial, servindo apenas para mostrar a adequação do modelo à execução da ferramenta. Por ser uma ferramenta de descoberta, não é possível dizer o quanto ela contribuirá para a resolução do problema, porém, é sabido que o *Data Mining* tem trazido excelente contribuição a diversas áreas outras áreas empresariais. Então, por que não traria boas contribuições ao chão-de-fábrica? O maior problema encontrado neste trabalho, diferentemente dos cubos OLAP, foi que a ferramenta Mining não se trata de uma ferramenta fácil de usar e intuitiva; assim, ela quebra um dos objetivos iniciais deste trabalho, que é a facilidade de uso.

Tomando-se como base o estudo e a pesquisa realizados nesta tese, as seguintes lacunas de conhecimento foram evidenciadas e ficam como sugestão do autor para estudo em futuros trabalhos:

- Explorar o Cubo Evento, utilizando para tal dados reais a serem previamente acordados e coletados em uma empresa-alvo. Pode-se também desenvolver um modelo que meça a intensidade desses eventos de forma que os resultados obtidos nas análises sejam mais seguros e menos subjetivos. Outra aplicação que pode trazer bons resultados está na área de serviços – saúde e alimentação, por exemplo – e pode vir a ser bom alvo de estudo futuro;
- Explorar a questão do fator humano nos resultados, desde a fase de elaboração do modelo, coleta dos dados, processamento e interpretação das informações até a aplicação do modelo em si para medir resultados ligados aos recursos humanos, utilizando-se para tal, por exemplo, o Cubo Evento;
- Explorar mais o uso de ferramentas de *Data Mining* no chão-de-fábrica, traçando-se uma comparação entre os benefícios, vantagens e desvantagens dela sobre os cubos OLAP. O *Data Mining* poderia ser utilizado como um ponto de partida para pesquisas mais focadas com o OLAP, trazendo benefícios como economia tempo e maior poder de foco, principalmente para o tomador de decisão que tenha pouca familiaridade com a área e seus problemas;
- Aplicar ferramentas estatísticas mais avançadas sobre os dados apresentados pelo OLAP/Excel, tal que auxiliem ainda mais o processo de tomada de decisões. Análises como Teste de Hipótese entre cenários, correlações entre indicadores, testes de normalidade, regressões, entre muitos outros, serão muito bem sucedidas se aplicados sobre os dados gerados pelo modelo;
- O bom uso do BI pode conduzir, ao longo dos anos, à formação de uma base de conhecimento. Integrar o BI a uma ferramenta para gestão do conhecimento também pode trazer uma boa contribuição ao chão-de-fábrica, e se constituirá num excelente trabalho de pesquisa.

Assim, de forma geral, é possível afirmar que a pesquisa trouxe contribuição ao meio científico, mostrando como resolver o problema real de falta ou dificuldade de obtenção de informações no chão-de-fábrica, utilizando-se para tal de recentes conceitos de Sistemas de

Medição de Desempenho aliados a modernos recursos de TI – no presente caso, os sistemas de BI. O uso de dados reais e a análise sobre eles, seguidos de sugestões de ações de melhorias baseadas nas informações geradas, confirmaram a viabilidade e a exeqüibilidade da proposta.

A execução de todo o plano de pesquisa, que incluiu a definição do problema, coleta, análise e processamento de dados, formulação e análise de resultados, conclusões e elaboração do relatório, exigiu mais de três anos de dedicação do autor. A fase mais trabalhosa da pesquisa foi a de levantamento dos dados numéricos da “Empresa A” e seu respectivo tratamento, entenda-se integração dos dados. O fato dos dados terem vindo de bancos de dados tipo DBF, sem total integridade referencial entre eles, aumentou em muito o trabalho de conversão, sendo necessário analisar milhares de registros manualmente. No entanto, a fase mais complexa da pesquisa aconteceu no desenvolvimento do modelo e sua implementação. Foram necessárias dezenas de tentativas de modelagens e de implementação, inicialmente com dados simulados, com o intuito de verificar a funcionalidade e confiabilidade dos modelos elaborados. Atenção especial foi dedicada à busca da solução para relacionar a tabela Fato Evento com as demais tabelas de Fato e gerar cubos que fossem funcionais.

Por fim, ao final deste trabalho, é possível afirmar que a pesquisa como um todo respondeu plenamente às expectativas lançadas pelo autor na introdução deste trabalho e trouxe contribuições significativas aos meios científico, acadêmico e empresarial.

Referências Bibliográficas

- ABDEL-MAKSoud, A. A.; DUGDALE, D.; LUTHER, R. Non-financial performance measurement in manufacturing companies. **The British Accounting Review**, v. 37, n. 3, p. 261-297. 2005.
- ABDEL-MAKSoud, A. B. Manufacturing in the UK: contemporary characteristics and performance indicators. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 15, n. 2, p. 155-171. 2004.
- ALBRECHT, K. A 3^a revolução da qualidade. **HSM Management**, v. 17, p. 108-112, nov/dez. 1999.
- AMARATUNGA, D.; BALDRY, D. Moving from performance measurement to performance management. **Facilities**, v. 20, n. 5/6, p. 217-223. 2002.
- AVISON, D. E.; CUTHBERTSON, C. H.; POWELL, P. The paradox of information systems: strategic value and low status. **Journal of Strategic Information Systems**, v. 8, p. 419-445. 1999.
- BARROSO, A. C. O.; GOMES, E. B. P. Tentando entender a gestão do conhecimento. **Revista de Administração Pública**. v. 33, n. 2, p. 147-170, mar/abr. 1999.
- BASTOS, L. R. et al. **Manual para a elaboração de projetos, relatórios de pesquisa, teses, dissertações e monografias**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC. 1996. 96 p.
- BENÍTEZ, Z. R. **Na onda do conhecimento**. 2000. Disponível em <<http://www.kmpress.com.br/porfef09.htm>>. Acesso em 28 fev. 2000.
- BISPO, C. A. F. **Uma análise da nova geração de sistemas de apoio à decisão**. 1998. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.
- BITITCI, U. S. Measuring the integrity of your business. **Management Decision**. v. 33, n. 7, p. 10-18. 1995.
- BITITCI, U. S. Measuring your way to profit. **Management Decisions**, v. 32, n. 6, p. 16-24. 1994.

BITITCI, U. S.; CARRIE, A.S.; MCDEVITT, L. Integrated performance measurement systems. **International Journal of Operations & Production Management**, Bradford, v. 17, n. 5, p. 522-534. 1997.

BOND, E.; CARPINETTI, L. C. R.; NAGAI, W. A.; REZENDE, S. O.; OLIVEIRA, R. B. T. Medição de desempenho apoiada por data warehouse. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 21., 2001, Salvador. **Anais...** Porto Alegre: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2001. CD ROM.

BUOSI, T. **Sistemas computacionais de suporte à medição de desempenho: proposição de critérios para análise, comparação e aquisição de sistemas**. 2004. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

BURBIDGE, J. L.; FALSER, P.; RIIS, J. O.; SVENDSEN, O. M. Integration in manufacturing. **Computers in Industry**, v. 9, n. 14, p. 297-305. 1987.

CARLSSON, C.; TURBAN, E. DSS: directions for the next decade. **Decision Support Systems**, v. 33, p. 105-110. 2002.

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1983. 617 p.

COREY, M.; ABBEY, M.; ABRAMSON, I.; TAUB, B. **Oracle 8i data warehouse**. Tradução João Tortello. Rio de Janeiro: Campus, 2001. 817 p.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção: MRP II/ERP: conceitos, uso e implantação**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001. 452 p.

COSTA, R. P. **Proposta de modelo e implementação de um sistema de apoio à decisão em pequenas indústrias**. 1998. 198 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

DILGER, K. A. Shop floor to top floor. **Manufacturing Systems**. v. 17, n.1, p. 58-66, jan. 1999.

DILLY, R. **Data mining**. 1995. Disponível em:
http://www.pcc.qub.ac.uk/tec/courses/datamining/stu_notes/dm_book1.html Acesso em 02 set. 2000.

EDELSTEIN, H. **Technology how to**: mining data warehouses. 1997a. Disponível em <<http://www.informationweek.com/561/61oldat.htm>>. Acesso em 17 nov. 2005.

EDELSTEIN, H. **Mining for gold**. 1997b. Disponível em <<http://www.informationweek.com/627/27olmin.htm>>. Acesso em 17 nov. 2005.

ENGLISH, L. P. **Go to gemba when data quality problems occur**. 2000. Disponível em <<http://www.dmreview.com/master.cfm?NavID=198&EdID=2180>>. Acesso em 04 set. 2000.

ESTEVES, J. M.; PASTOR, J. A. An ERP life-cycle-based research agenda. In: INTERNATIONAL WORKSHOP IN ENTERPRISE MANAGEMENT AND RESOURCE PLANNING: METHODS, TOOLS AND ARCHITECTURES, 1., 1999, Venice, Italy. **Anais...** Venice, Italy: EMRPS'99, 1999.

FAVARETTO, F. **Uma contribuição ao processo de gestão da produção pelo uso da coleta automática de dados de chão de fábrica**. 2001. 222 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

FLEURY, A. F. C.; VARGAS, N. **Organização do trabalho**: uma abordagem interdisciplinar: sete casos brasileiros para estudo. São Paulo: Atlas, 1983. 231 p.

FURLAN, J. D. **Modelagem de negócio**. São Paulo: Makron Books, 1997.

GASNIER, D. G. J. **PCPM**: planejamento e controle da produção e de materiais. São Paulo: IMAN, 1998. 54 p.

GRAY, P.; WATSON, H. J. **The new DSS**: data warehouses, OLAP, MDD, and KDD. 1999. Disponível em <<http://www.hsb.baylor.edu/ramsower/ais.ac.96/papers/graywats.htm>>. Acesso em 20 mar. 1999.

GRIGORI, D.; CASATI, F.; CASTELLANOS, M.; DAYAL, U.; SAYAL, M.; SHAN, M. C. Business Process Intelligence. **Computers in Industry**, v. 53, p. 324-343. 2004.

GUPTA, V. R. **An introduction to data warehousing**. 2000. Disponível em <<http://www.system-services.com/dwintro.asp>>. Acesso em 15 ago. 2000.

HARDING, J. A.; YU, B. Information-centered enterprise design supported by a factory data model and data warehousing. **Computers in Industry**, v.40, n.1, p. 23-36. 1999.

HEINRICH, J. H.; LIM, J. Integrating web-based data mining tools with business models for knowledge management. **Decision Support Systems**, v. 35, n. 1, p. 103-112. 2003.

HUBERMAN, L. **História da riqueza do homem**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1986. 313 p.

JACOBSON, R. **The Microsoft SQL Server 2000 Analysis Services step by step**. Washington: Microsoft Press, 2000. 379 p.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. Transforming the balanced scorecard from performance measurement to strategic management: part I. **Accounting Horizons**, v. 15, n. 1, p. 87-104. 2001.

KAYDOS, W. **Measuring, managing and maximizing performance**. Portland: Productivity Press, 1991.

KIMBALL, R. **Meta meta data data**. 1998. Disponível em <<http://www.dbmsmag.com/9803d05.html>>. Acesso em 15 ago. 2000.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia do trabalho científico**: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos. São Paulo: Atlas, 1992. 214 p.

LEE, S. M.; KIM, B. O. Developing the information systems architecture for world-class organizations. **Management Decision**, v. 34, n. 2, p.46-52. 1996.

MACHADO, C. Você sabe o que é ERP II? **Info Exame**, n. 181. 2001.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa e elaboração, análise e interpretação de dados. São Paulo: Atlas, 1982. 205 p.

McCLELLAN M. **The heart of intelligent manufacturing**. 2004. Disponível em <<http://www.bizintelligencepipeline.com/showArticle.jhtml?articleID=22103211>>. Acesso em 01 jul. 2004.

MEYER, D.; CANNON, C. **Building a better data warehouse**. NJ: Prentice-Hall PTR, 1998.

MIN, S. K.; SUH, E. H.; KIM, S. Y. An integrated approach toward strategic information systems planning. **Journal of Strategic Information Systems**, v.8, p.373-394. 1999.

NAGAI, W. A.; CARPINETTI, L. C. R.; REZENDE, S. O.; BOND, E.; OLIVEIRA, R. B. T. Data warehouse aplicado às informações de chão de fábrica para otimizar a gestão da demanda. In: COBEM, 16., 2001, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: COBEM, 2001. CD ROM.

NEELY, A. **Measuring business performance**. London: The Economist books, 1998.

NEELY, A. The Performance measurement revolution: why now and what next? **International Journal of Operations and Production Management**, v. 19, n. 2, p. 205-228. 1999.

NEELY, A.; BOURNE, M. Why measurement initiatives fail. **Measuring Business Excellence**, v. 4, n. 4, p. 3-6. 2000.

NEELY, A.; MILLS, J.; PLATTS, K.; GREGORY, M.; RICHARDS, H. Realizing strategy through measurement. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 14, n. 3, p. 140-152. 1994.

NOVAK, R. Merging SCADA and business process. **Plant Engineering**, v. 59, n. 5, p. 35-36. 2005.

PANCUCCI, D. Don't leave data on the shelf. **Manufacturing Computer Solutions**, v. 3, n. 8, p. 25-28. 1997.

PENDSE, N. **What is OLAP?** 2000. Disponível em <<http://www.olapreport.com/fasmi.htm>>. Acesso em 04 set. 2000.

PIRES, S. R. I. **Gestão da cadeia de suprimentos**: conceitos, estratégias, práticas e casos – supply chain management. São Paulo: Atlas, 2004. 310 p.

PIRES, S. R. I. **Supply Chain Management**. 1999. Disponível em <http://www.numa.org.br/conhecimentos/supply_chain_V5.html>. Acesso em 16 nov. 2000.

POE, V.; KLAUER, P.; BROBST, S. **Building a data warehouse for decision support**. NJ: Prentice-Hall PTR, 1998. 285 p.

ROBBINS, J. H.; KAPUR, R.; BERRY, G. L. Shop floor information systems is foundation and communications link for CIMS. **Industrial Engineering**, n. 12, p. 62-67. 1984. São Paulo, IMAN, 1998. 54 p.

SHARIF, A. M. Benchmarking performance management systems. **Benchmarking: An International Journal**, v. 9, n. 1, p. 62-85. 2002.

SHIM, J.P; WARKENTIN, M., COURTNEY, J. F.; POWER, D. J.; SHARDA, R.; CARLSSON, C. Past, present, and future of decision support technology. **Decision Support System**, v. 33, p. 111-126. 2002.

SHUNK, D. L.; FILLEY, R.D. Systems integration's challenges demand a new breed of industrial engineer. **Industrial Engineering**, n. 5, p. 65-67. 1986.

SINGH, H. S. **Data Warehouse**. São Paulo: Macron Books, 2001.

SMALL, R. D. **Debunking data mining myths**. 1997. Disponível em <<http://www.informationweek.com/614/14oldat.htm>>. Acesso em 17 nov. 2005.

STÁBILE, S.; CAZARINI, E. W. Tecnologia da informação e os níveis gerenciais das organizações. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 7., 2000, Bauru. **Anais...** Bauru: Universidade Estadual Paulista, 2000.

TAN, X.; YEN, D. C.; FANG, X. Web warehousing: web technology meets data warehousing. **Technology in Society**, v. 25, p. 131-148. 2003.

VARGAS, M. **Metodologia da pesquisa tecnológica**. Rio de Janeiro: Globo, 1985. 243 p.

WAH, L. Muito além de um modismo. **HSM Management**, v. 22, p. 52-62. 2000.

WIENER, J. **Meta data in context**. 2000. Disponível em <http://www.dmrreview.com/portal_ros.cfm?NavID=91&EdID=1926&portalID=18>. Acesso em 04 fev. 2000.

ZANCUL, E.; ROZENFELD, H. **Sistemas ERP**. 1999. Disponível em <http://www.numa.org.br/conhecimentos/ERP_V2.html>. Acesso em 16 nov. 2000.