Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos

**Utilização de sistemas PDM em ambientes de
engenharia simultânea: o caso de uma implantação em
uma montadora de veículos pesados**

Rogério Omokawa

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

ORIENTADOR: Prof. Dr. Henrique Rozenfeld

São Carlos

1999

“Só se pode alcançar um grande
êxito quando nos mantemos fiéis
a nós mesmos”

Friederich Nietzsche

Aos meus pais, pela vida e ao
meu irmão e a Andréia, por
terem feito de mim uma pessoa
melhor.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Henrique pela oportunidade, pela orientação e pelas “aulas de vida”

Aos companheiros do Grupo de Engenharia Integrada: Adriana, Bianca, Cristiano, Daniel Capaldo, Daniel Dupas, Edmundo, Eduardo Chup, Fernandinho, Francis, Lucas, Luís, Marcel, Marcelo, Renato, Sérgio e Vander, pelas batalhas que vencemos.

A todo pessoal do NUMA (Núcleo de Manufatura avançada).

A todos do HPTD principalmente ao Dr. Baake, pela oportunidade de desenvolver o trabalho na prática, à Leni e ao Sérgio pelo apoio e auxílio durante a realização do estudo de caso.

Às pessoas que responderam ao questionário e que auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho, principalmente ao Lino pela atenção e interesse.

Ao Enio da Embraer e ao Adalberto da Datavision, pelo auxílio prestado no início deste trabalho.

Ao meus tios Laura e Tadao pelo apoio antes e durante a realização deste trabalho.

Ao Departamento de Engenharia pelo auxílio e atenção.

À FAPESP (Fundação de Amparo à pesquisa do Estado de São Paulo) pela bolsa de estudo concedida.

A todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram neste trabalho e que não foram citados.

Meu muito obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	I
LISTA DE TABELAS.....	III
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	V
RESUMO	VII
ABSTRACT	VIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. JUSTIFICATIVA.....	2
1.2. OBJETIVOS	2
1.3. PERGUNTAS DA PESQUISA	3
1.4. MÉTODO.....	3
1.5. LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	5
1.6. ETAPAS GERAIS DO TRABALHO	6
1.6.1. Revisão Geral da Bibliografia	6
1.6.2. Desenvolvimento dos Objetivos e do Método.....	6
1.6.3. Revisão Bibliográfica Detalhada.....	7
1.6.4. Desenvolvimento da Forma de Coleta dos Dados.....	7
1.6.5. Escolha do Caso	8
1.6.6. Coleta de Dados.....	8
1.6.7. Apresentação e Análise dos Dados.....	9
2. O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E A ENGENHARIA SIMULTÂNEA.....	10
2.1. A ABORDAGEM TRADICIONAL (SEQÜENCIAL) DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E SEUS PROBLEMAS	10
2.2. FASES DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	12
2.3. A ENGENHARIA SIMULTÂNEA E A CLASSIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS QUE A SUPORTAM	18
2.3.1. A Classificação Segundo SYAN (1994)	18
2.3.1.1. Processos.....	19
2.3.1.2. Ferramentas Computacionais	25
2.3.1.3. Técnicas Formais	26
2.3.1.4. Métodos de Troca de Dados.....	27
2.3.2. A Classificação Segundo CARTER & BAKER (1992).....	27

2.3.2.1. <i>A Dimensão da Organização</i>	28
2.3.2.2. <i>A Dimensão da Infra-estrutura da Comunicação</i>	29
2.3.2.3. <i>A Dimensão dos Requisitos</i>	29
2.3.2.4. <i>A Dimensão do Processo de Desenvolvimento de Produtos</i>	30
2.3.3. Definições de Engenharia Simultânea	31
2.4. O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS COMO PROCESSO	32
2.5. NECESSIDADES DE GERENCIAMENTO DE DADOS EM UM AMBIENTE DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA	35
3. GERENCIAMENTO DE DADOS DE PRODUTO	39
3.1. HISTÓRICO	39
3.2. TERMINOLOGIA	41
3.3. FUNCIONALIDADES DE SISTEMAS PDM	44
3.3.1. “Cofre” de Dados	45
3.3.2. Fluxo de Trabalho e Gerenciamento de Processos	47
3.3.3. Gerenciamento da Estrutura de Produto/Gerenciamento de Configuração	48
3.3.4. Classificação e Recuperação	51
3.3.5. Gerenciamento de Projetos	53
3.3.6. Comunicação e Notificação	53
3.3.7. Transporte de Dados	54
3.3.8. Conversão de Dados	55
3.3.9. Serviços de Visualização e Comentários (<i>markup</i>)	57
3.3.10. Administração	58
3.4. MERCADO DE SISTEMAS PDM	58
3.5. ESTRATÉGIAS DE IMPLANTAÇÃO A PARTIR DE COMPLEXIDADES TÉCNICAS	63
3.5.1. Implantação por Projeto	64
3.5.2. Foco em uma Funcionalidade do Sistema PDM	66
3.5.3. Introdução de um Arquivo Central	67
3.6. BENEFÍCIOS DA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS PDM	67
4. CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE PESQUISADO EM RELAÇÃO À ENGENHARIA SIMULTÂNEA	70
4.1. ESCOLHA DO CASO	70
4.2. DADOS GERAIS DA EMPRESA E DO AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	71
4.3. CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE EM RELAÇÃO AO GRAU DE UTILIZAÇÃO DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA	72
4.3.1. A Pesquisa Realizada	72
4.3.2. Aplicação da Metodologia e Resultados	74

5. A CARACTERIZAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA PDM NO AMBIENTE DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA.....80

5.1. REALIZAÇÃO DA PESQUISA DE CAMPO.....	80
5.2. APRESENTAÇÃO DOS DADOS	81
5.2.1. Decisão da Implantação e Escolha do Sistema.....	81
5.2.2. Estratégia de Implantação e Metas	82
5.2.3. Características do Sistema PDM	83
5.2.3.1. “Cofre” de Dados e Gerenciamento de Documentos	84
5.2.3.2. Fluxo de Trabalho e Gerenciamento de Processos.....	84
5.2.3.3. Gerenciamento da Estrutura de Produto	85
5.2.3.4. Classificação e Recuperação	85
5.2.3.5. Gerenciamento de Projetos	85
5.2.3.6. Comunicação e Notificação	85
5.2.3.7. Transporte de Dados	85
5.2.3.8. Conversão de Dados	86
5.2.3.9. Serviços de Visualização e Comentários (markup).....	86
5.2.3.10. Administração	86
5.2.3.11. Inte.....	86
5.2.4. Requisitos de Gerenciamento de Dados e Funcionalidades que os Suprem.....	87
5.2.5. Dificuldades Encontradas e Benefícios Obtidos	90
5.2.5.1. Infra Estrutura.....	90
5.2.5.2. Sistema.....	90
5.2.5.3. Usuário.....	91
5.2.5.4. Comunicação entre o Time de Implantação e o Time de Desenvolvimento	91
5.2.5.5. Vantagens	92
5.2.6. Situação Atual e Próximos Passos.....	92

6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....94

ANEXOS99

ANEXO 1: QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE UTILIZAÇÃO DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA	99
--	----

ANEXO 2: ROTEIRO DE ENTREVISTA PARA A CARACTERIZAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA	122
---	-----

ANEXO 3: RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE UTILIZAÇÃO DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA	127
---	-----

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS147

OBRAS CONSULTADAS.....152

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Características do Desenvolvimento de Produtos.....	11
Figura 2: Fases do Desenvolvimento de Produtos	13
Figura 3: Fases do Processo de Desenvolvimento de Produtos	14
Figura 4: Composição de um Time de Desenvolvimento de Produtos Multidisciplinar	19
Figura 5: Organização Matricial.....	20
Figura 6: Estrutura Funcional.....	21
Figura 7: Estrutura de Gerente de Produtos “Peso – Leve”	22
Figura 8: Estrutura de Gerente “Peso – Pesado”	23
Figura 9: Estrutura de Time de Execução de Projetos	24
Figura 10: Utilização de Técnicas no Processo de Desenvolvimento de Produtos....	26
Figura 11: Definição de Processo de Negócio	33
Figura 12: Visão Holística da Empresa.....	34
Figura 13: Product Data Management.....	42
Figura 14: “Áreas” Funcionais de PDM e EDM.....	43
Figura 15: Funcionamento do “Cofre” de Dados	46
Figura 16: Fluxo de Trabalho de Aprovação de Desenhos	47
Figura 17: Visão Funcional x Visão de Montagem.....	49
Figura 18: Estrutura do Produto - Relacionamento entre Peças.....	50
Figura 19: Estrutura do Produto - Relacionamento Peça - Documento	50

Figura 20: Combinação de Todas as Formas de Estrutura de Produto.....	51
Figura 21: Sistema de Classificação de 3 Níveis.....	52
Figura 22: Transporte de Dados	55
Figura 23: Desenho do CAD com Comentário	57
Figura 24: Mercado Mundial de Sistemas PDM	59
Figura 25: Níveis de Complexidade de Sistemas PDM	64
Figura 26: Economia em Custo de Trabalho Direto.....	68
Figura 27: Mapa das Dimensões	75
Figura 28: Mapa das Dimensões com Transferência das Respostas Positivas.....	76
Figura 29: Mapa das Dimensões – Situação Atual.....	77
Figura 30: Mapa das Dimensões – Situação Atual x Situação Ideal I.....	78
Figura 31: Mapa das Dimensões – Situação Atual x Situação Ideal II	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Participação de Mercado das Principais Empresas Produtoras de Sistemas PDM em 1996.....	60
Tabela 2: Participação de Mercado das Principais Empresas Produtoras de Sistemas PDM em 1996.....	61
Tabela 3: Participação de Mercado das Principais Empresas Produtoras de Sistemas PDM em 1997.....	62
Tabela 4: Funcionalidades x Requisitos.....	89
Tabela 5: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Integração dos Times.....	128
Tabela 6: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Autoridade	129
Tabela 7: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Treinamento e Educação.....	130
Tabela 8: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Suporte de Automação.....	131
Tabela 9: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Gerenciamento do Produto ...	132
Tabela 10: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Dados Sobre o Produto	133
Tabela 11: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave <i>Feedback</i>	134
Tabela 12: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Definição de Requisitos.....	135
Tabela 13: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Metodologia de Planejamento	136
Tabela 14: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Perspectiva de Planejamento	137
Tabela 15: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Validação	138
Tabela 16: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Normas.....	139
Tabela 17: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Banco de Dados dos Componentes	140

Tabela 18: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Processo de Projeto	141
Tabela 19: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Otimização	142
Tabela 20: Resultado do Nível Ideal da Dimensão Organização	143
Tabela 21: Resultado do Nível Ideal da Dimensão Infra-Estrutura de Comunicação	144
Tabela 22: Resultado do Nível Ideal da Dimensão Requisitos	145
Tabela 23: Resultado do Nível Ideal da Dimensão Desenvolvimento de Produtos .	146

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APQP:	Advanced Product Quality Planning
CAD:	Computer Aided Design
CAE:	Computer Aided Engineering
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAPP:	Computer Aided Process Planning
DFMA:	Design For Manufacturing and Assembly
EDM:	Engineering Data Management, Engineering Document Management, Electronic Data Management, Electronic Document Management
ERP:	Enterprise Resource Planning
ES:	Engenharia Simultânea
FMEA:	Failure Mode and Effect Analysis
IGES:	Initial Graphics Exchange Specification
ISO9000:	International Organization for Standardization, série 9000
JIT:	Just In Time
PDES:	Product Data Exchange System
PDM:	Product Data Management

PDT:	Product Development Team
QFD:	Quality Function Deployment
QS9000:	Quality System, série 9000
SET:	Standard d'Echange et de Transfert
STEP:	Standard for the Exchange of Product Model Data
DXF	Data eXchange File
HPGL	Hewlett-Packard Graphics Language
TIFF	Tagged Image File Format
VDA-FS:	Verband der Deutschen Automobilindustrie-FlächenSchnittstelle

RESUMO

OMOKAWA, R. (1999). *Utilização de sistemas PDM em ambientes de engenharia simultânea: o caso de uma implantação em uma montadora de veículos pesados*. São Carlos. 154p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

A engenharia simultânea e os sistemas de gerenciamento de dados de produto (PDM), apesar de serem uma ajuda preciosa para que as empresas enfrentem as novas condições de sobrevivência no mercado atual, não são muito conhecidos. Além disso, existem poucos trabalhos científicos relacionados à implantação e ao auxílio deste tipo sistema no gerenciamento de dados em ambiente de engenharia simultânea. Neste trabalho procura-se levantar, segundo a bibliografia, as necessidades de gerenciamento de dados em ambientes de engenharia simultânea; comparar as necessidades de gerenciamento de dados encontradas na bibliografia com as necessidades de um caso de implantação real; levantar quais funcionalidades de sistemas PDM (product data management) suprem as necessidades encontradas; e caracterizar um projeto de implantação real de um sistema PDM em um ambiente de engenharia simultânea.

Palavras-chave: sistemas de gerenciamento de dados de produto; gerenciamento de dados; PDM; engenharia simultânea.

ABSTRACT

OMOKAWA, R. (1999). *Use of PDM systems in concurrent engineering environments: a case study of an implementation in a multinational heavy vehicles industry*. São Carlos. 154p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

The concurrent engineering and the product data management systems (PDM), although being a precious aid to allow the companies to face the new survival conditions in the current market, are not very well-known. Besides that, few scientific works related to the implementation of this kind of system and their usage in the data management of data in a concurrent engineering environment are available. The objectives of this work are: to rise, according to the bibliography, the needs of data management in a concurrent engineering environment; to compare those needs with the ones of a real implementation case; to rise which functionality of PDM (Product Data Management) systems supply the founded needs; and to characterize a project of a real PDM system implementation in an environment of concurrent engineering.

Keywords: product data management system; data management; PDM; concurrent engineering.

1. INTRODUÇÃO

Devido ao atual nível de competição entre as empresas, surgiram diversas teorias para auxiliar as empresas a sobreviver neste ambiente.

Segundo CLARK & FUJIMOTO (1991) e CLAUSING (1994), para muitas empresas, a sobrevivência no mercado depende de sua capacidade de aperfeiçoar o processo de desenvolvimento de produto com os objetivos de reduzir o tempo de desenvolvimento, garantir a qualidade e diminuir o custo dos produtos. Para alcançarem estes objetivos, muitas empresas começaram a utilizar a filosofia de engenharia simultânea.

Uma das características da utilização desta filosofia é o uso dos dados gerados nos estágios iniciais do desenvolvimento, sem estarem completos (PRASAD, 1996). Para que estes dados estejam disponíveis no momento certo, para a pessoa certa, é necessário que sejam bem gerenciados. Para organizar e gerenciar efetivamente estes dados, os sistemas de gerenciamento de dados de produto começaram a ser utilizados, possuindo um grande potencial para auxiliar na implantação da engenharia simultânea.

É apresentada a seguir a justificativa deste trabalho, e logo após a metodologia utilizada, e as etapas da realização do trabalho. Em seguida é apresentada a revisão bibliográfica sobre os temas abordados. Por fim, são apresentados os capítulos relativos ao trabalho prático e a conclusão.

1.1. JUSTIFICATIVA

A engenharia simultânea e os sistemas de gerenciamento de dados de produto (PDM), apesar de serem uma ajuda preciosa para que as empresas enfrentem as novas condições de sobrevivência no mercado atual, não são muito conhecidos. Além disso, existem poucos trabalhos científicos relacionados à implantação deste tipo sistema e o auxílio destes no gerenciamento de dados em ambiente de engenharia simultânea.

Existe também uma grande dificuldade por parte das empresas no levantamento e necessidades de gerenciamento de dados e na escolha do sistema de acordo com este levantamento.

1.2. OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho são:

- levantar, segundo a bibliografia, as necessidades de gerenciamento de dados em ambientes de engenharia simultânea;
- comparar as necessidades de gerenciamento de dados encontradas na bibliografia com as necessidades de um caso de implantação **real**;
- levantar quais funcionalidades de sistemas PDM (*product data management*) suprem as necessidades encontradas; e
- caracterizar um projeto de implantação **real** de um sistema PDM em um ambiente de engenharia simultânea.

1.3. PERGUNTAS DA PESQUISA

As perguntas advindas dos objetivos do trabalho e que delimitam o tema de trabalho são:

1. Quais são as necessidades de gerenciamento de dados em um ambiente de engenharia simultânea, segundo a bibliografia?
2. Quais são as necessidades de gerenciamento de dados em um ambiente de engenharia simultânea no caso de um projeto de desenvolvimento de produto?
3. Quais funcionalidades do sistema PDM atendem às necessidades levantadas?
4. Quais são as características do processo de implantação de um sistema PDM em um ambiente de engenharia simultânea?

A primeira pergunta é respondida através da revisão da bibliografia e as outras três pela pesquisa de campo.

É apresentado a seguir o método utilizado no trabalho.

1.4. MÉTODO

Conforme os objetivos propostos e segundo DANE (1990), que considera a “pesquisa descritiva como o tipo de pesquisa utilizada para examinar um fenômeno para defini-lo melhor ou para diferenciá-lo de outros fenômenos, como uma pesquisa que procura capturar as características de um objeto, de uma pessoa ou de um evento em um dado momento, mesmo que estas características mudem ao longo do tempo”, este trabalho é caracterizado como uma pesquisa descritiva.

O método utilizado neste trabalho é a pesquisa de campo, onde o objeto de análise é uma implantação de um sistema PDM em um projeto de desenvolvimento de um produto. Este método foi escolhido porque, segundo DANE (1990), a pesquisa

de campo é particularmente indicada para pesquisas exploratórias e descritivas, como o caso desta pesquisa.

Pesquisa de campo é um “rótulo” geral aplicado a uma coleção de métodos de pesquisa que incluem a observação direta de eventos naturais. Por observação direta entende-se o exame do evento assim que ele ocorre, podendo eventualmente ser o exame do evento gravado. E eventos naturais são eventos que não são criados, sustentados ou descontinuados somente para o objetivo da pesquisa (DANE, 1990). Na pesquisa de campo os eventos são coletados, gravados e codificados por um pesquisador que não participa dos eventos, caracterizando assim a observação sistemática do caso.

As técnicas empregadas para a coleta de dados são o questionário de respostas “fechadas” e a entrevista de respostas “abertas”, procurando utilizar as melhores características de cada uma delas.

O questionário é utilizado quando é necessária a checagem dos dados por parte do entrevistado, não realizando assim “pressão” para respostas imediatas. O modelo de respostas “fechadas” é adotado para facilitar a resposta do questionário, sendo as alternativas bem definidas. Este questionário é utilizado para caracterizar o grau de utilização da filosofia de engenharia simultânea no ambiente de implantação.

As entrevistas são utilizadas para levantar quais são as características de gerenciamento de dados da empresa, para levantar quais são as características do processo de implantação do sistema PDM e para verificar quais funcionalidades do sistema atendem às necessidades levantadas. Estas entrevistas com respostas “abertas” são utilizadas porque as respostas dependem da experiência do entrevistado e de dados não documentados. As respostas “abertas” permitem que o entrevistado fique à vontade para responder às questões, sem que haja uma delimitação das respostas.

Independente do método escolhido, a realização de uma revisão bibliográfica e é de extrema importância para se conhecer e se analisar as informações científicas

existentes sobre o tema da pesquisa, obtendo embasamento teórico para suportar o tema e para preparar e realizar o trabalho prático.

1.5. LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Segundo DANE (1990), a pesquisa de campo não é mais ou menos válida que qualquer outro método, porém como qualquer outro tipo de pesquisa ela possui algumas limitações.

Esta pesquisa é realizada através do estudo de caso da implantação de um sistema PDM em um ambiente de desenvolvimento específico. O estudo de caso permite um grande contato com a empresa, com o processo de implantação e com o pessoal envolvido, sendo difícil porém generalizar os resultados obtidos, pois o ambiente de implantação difere muito de uma empresa para outra, assim como as características do sistema e o tempo de implantação.

Além disso, nas entrevistas para levantamento dos dados podem ocorrer erros de interpretação tanto por parte do entrevistado, quanto do entrevistador. O entrevistado pode ainda alterar as respostas de acordo com os interesses da empresa em disponibilizar algumas informações. As respostas podem também ser influenciadas pelas características pessoais do entrevistador (modo de falar, sexo, etc.) (KIDDER & JUDD, 1986).

No questionário escrito também podem haver problemas de interpretação das questões. Além de existir a falta de controle do contexto no qual as questões são realizadas (KIDDER & JUDD, 1986).

São tomadas medidas para diminuir o impacto dos erros decorrentes das entrevistas e da aplicação do questionário, porém estes erros podem ser apenas minimizados e não completamente excluídos.

1.6. ETAPAS GERAIS DO TRABALHO

São apresentadas a seguir as etapas deste trabalho:

1.6.1. Revisão Geral da Bibliografia

Para DANE (1990), a revisão bibliográfica deve ser realizada antes da coleta de qualquer dado e possui como finalidade:

- evitar a duplicidade de pesquisa, ou seja, conduzir uma pesquisa já realizada por outro pesquisador sem apresentar diferenças;
- utilizar as pesquisas realizadas para evitar os problemas conceituais e de procedimento já cometidos; e
- obter uma perspectiva científica do tema da pesquisa, pois a ciência envolve o acúmulo de conhecimento e o estudo de pesquisas e teorias existentes permite determinar qual a contribuição do projeto para a base de conhecimento.

Visando estes objetivos, é realizada uma pesquisa bibliográfica dos principais temas abordados neste trabalho, como engenharia simultânea, sistemas PDM, e de métodos e técnicas de pesquisa.

A pesquisa bibliográfica é realizada em duas etapas. Esta primeira etapa é realizada para se conseguir uma visão geral do tema de trabalho e uma base teórica para o desenvolvimento dos objetivos e da metodologia de trabalho. A segunda etapa, revisão bibliográfica detalhada, é realizada para se conseguir uma visão mais detalhada sobre o tema.

1.6.2. Desenvolvimento dos Objetivos e do Método

Os objetivos desta pesquisa advém de problemas práticos do crescimento da utilização dos sistemas PDM e conseqüente aumento das implantações destes sistemas, e da existência de poucos trabalhos científicos que abordam a implantação

Rogério Omokawa

desses sistemas e o auxílio no gerenciamento de dados em ambientes de engenharia simultânea. Com base na revisão bibliográfica são desenvolvidos os objetivos e a metodologia compatíveis com as características da pesquisa (Itens 1.2 e 1.4).

1.6.3. Revisão Bibliográfica Detalhada

Após a definição dos objetivos e da metodologia, realiza-se uma revisão bibliográfica abrangente e detalhada sobre o tema de pesquisa. Consegue-se assim formar uma base de conhecimentos para o desenvolvimento do trabalho, bem como a formação da visão de que este trabalho pode contribuir como referência para futuras implantações de sistemas PDM.

A revisão bibliográfica (Capítulos 2 e 3) é realizada através da identificação e da leitura de livros e artigos de engenharia simultânea. No caso de sistemas PDM, além dos livros e artigos, são consultados catálogos de sistemas, *sites* da *internet* e publicações de empresas de consultoria, pois grande parte do material encontrado provém de estudos destas empresas. Os dados selecionados são organizados, registrados e classificados em assuntos

1.6.4. Desenvolvimento da Forma de Coleta dos Dados

De acordo com o método escolhido, no caso a pesquisa de campo, é desenvolvido uma forma de coleta de dados. Neste trabalho são utilizados um questionário de questões “fechadas” e um roteiro de entrevista com questões “abertas” (Item 1.4).

O questionário, da metodologia criada por CARTER & BAKER (1992), é utilizado para caracterizar o grau de utilização da filosofia de engenharia simultânea na empresa onde é realizado o estudo de caso.

O roteiro de entrevista visa levantar quais são as características de gerenciamento de dados da empresa e as características da implantação do sistema PDM. Durante este desenvolvimento são realizadas algumas entrevistas a

profissionais para testar e melhorar o questionário e roteiros de entrevistas. Nas entrevistas a estes profissionais, procura-se sempre que possível evitar interrupções, utilizando um ambiente calmo e reservado.

1.6.5. Escolha do Caso

A escolha da empresa a ser estudada (Item 4.1) ocorre segundo dois critérios: possuir ambientes de desenvolvimento de produtos onde se aplica a filosofia da engenharia simultânea e possuir um sistema PDM implantado ou em fase de implantação neste ambiente.

1.6.6. Coleta de Dados

Após o desenvolvimento do questionário e do roteiro de entrevistas são realizadas várias visitas a empresa escolhida para aplicá-los, realizando assim o estudo de caso.

Durante estas visitas são realizadas entrevistas para se avaliar a existência de características adicionais às levantadas pela bibliografia em relação ao gerenciamento de documentos. São entregues, durante as visitas, questionários para avaliar o grau de utilização da filosofia de engenharia simultânea.

Durante as entrevistas são realizadas também questões para se levantar as características de implantação do sistema. Nestas entrevistas procura-se evitar interrupções utilizando um ambiente calmo e reservado, sendo as respostas anotadas em papel.

Além das entrevistas e aplicação do questionário, no período de acompanhamento do trabalho na empresa procura-se tomar um contato maior com a empresa, com as pessoas e com o ambiente do projeto.

1.6.7. Apresentação e Análise dos Dados

Após a coleta dos dados obtidos com o questionário e as entrevistas, os dados são organizados, considerando-se sua pertinência e relevância, e transformados em um texto estruturado (Capítulos 4 e 5). Neste texto são apresentadas a caracterização da empresa em relação à engenharia simultânea, as necessidades de gerenciamento de documentos e as características da implantação do sistema PDM.

2. O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E A ENGENHARIA SIMULTÂNEA

Atualmente, o sucesso de uma empresa está diretamente ligado à sua capacidade de entender as necessidades do cliente e de desenvolver rapidamente produtos, com um preço justo, para atenderem a essas necessidades (CARTER & BAKER, 1992).

Neste capítulo apresenta-se a definição de desenvolvimento de produtos seqüencial e dos problemas desta abordagem. Apresenta-se também a abordagem de engenharia simultânea e as necessidades de gerenciamento de dados em ambientes que utilizam esta filosofia.

2.1. A ABORDAGEM TRADICIONAL (SEQÜENCIAL) DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E SEUS PROBLEMAS

Nesta abordagem tradicional, o desenvolvimento de produtos é realizado de maneira seqüencial, sendo que cada estágio tem de ser completado para que o estágio seguinte tenha início (SYAN, 1994).

Uma definição de desenvolvimento de produtos segundo esta abordagem é dada por WOODSON (1966, p.3), que considera o desenvolvimento de produtos como “uma atividade de tomada de decisão interativa para produzir os planos a partir dos quais os recursos são convertidos, preferencialmente otimizados, em sistemas ou aparelhos para satisfazer as necessidades humanas”.

No início de qualquer desenvolvimento de produtos existe um elevado grau de incerteza. Esta incerteza diminui no decorrer do desenvolvimento, mas é justamente no início que se seleciona a maior quantidade de soluções construtivas. As escolhas de alternativas ocorridas no início do ciclo de desenvolvimento são responsáveis por 60 a 95% do custo do produto final (SYAN, 1994). “O custo de modificação aumenta ao longo do ciclo de desenvolvimento, pois quanto mais tarde for realizada uma mudança, um número maior de decisões já tomadas podem ser invalidadas. Além disso, o processo de desenvolvimento seqüencial faz com que o número de alterações ocorra muito tardiamente” (Figura 1) (ROZENFELD & VEGA, 1995, p. 212).

Figura 1: Características do Desenvolvimento de Produtos
Com Base em ROZENFELD & VEGA, 1995, p. 212

Além das alterações que ocorrem muito tardiamente, fazendo com que os custos de desenvolvimento aumentem, existem outros problemas:

- o desenvolvimento de produtos seqüencial é baseado na premissa de que uma nova fase não pode começar sem que a fase precedente tenha sido completada. Isto significa um aumento no tempo de desenvolvimento de produto (PRASAD, 1996);
- a linearidade das fases do desenvolvimento de produto faz com que uma parte significativa (50 a 80%) dos custos de manufatura sejam decididos antes dos engenheiros de manufatura começarem a fazer parte do projeto (PRASAD, 1996);

- os prazos de lançamento muitas vezes não são cumpridos, fazendo com que o produto final não sirva mais ou não seja mais viável ao mercado alvo (PRASAD, 1996);
- a especificação do produto é insuficiente, levando a um excessivo número de modificações (SYAN, 1994);
- pouca atenção é dada para os processos de manufatura nos estágios de projeto, causando alterações caras em ferramentas e outros equipamentos (SYAN, 1994).

Muitos desses problemas são resolvidos com a aplicação da engenharia simultânea, filosofia apresentada no item 2.3.

São apresentadas a seguir as fases do desenvolvimento de produtos de acordo com WHEELWRIGHT & CLARK (1992) e de acordo com ROZENFELD (1997).

2.2. FASES DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Segundo WHEELWRIGHT & CLARK (1992), o desenvolvimento de produtos é dividido em quatro fases: desenvolvimento do conceito, planejamento do produto, engenharia do produto/processo e finalmente produção piloto/aumento da produção (Figura 2).

Ainda segundo os mesmos autores, nas duas primeiras fases – desenvolvimento do conceito e planejamento do produto – as informações de oportunidades de mercado, possibilidades técnicas, e requisitos da produção devem ser combinadas para se definir a arquitetura do novo produto. Isto inclui seu projeto conceitual, mercado alvo, requisitos em investimentos e impacto financeiro. Antes que o programa de desenvolvimento de produto seja aprovado, a empresa deve validar o conceito através de testes em pequena escala, da construção de modelos e da discussão com potenciais clientes.

Figura 2: Fases do Desenvolvimento de Produtos
Com Base em WHEELWRIGHT & CLARK, 1992, p. 7

Uma vez aprovado, o projeto entra na fase de detalhamento da engenharia de produto/processo. A principal atividade nesta fase é o projeto e construção de protótipos e o desenvolvimento de ferramentas e equipamentos a serem utilizados na produção em larga escala. No centro do detalhamento da engenharia de produto/processo está o ciclo de “projetar – construir – testar”. Os produtos e processos gerados no conceito são incorporados em um “modelo de trabalho”, que depois é submetido a testes que simulam o produto em uso. Caso ocorram problemas, os engenheiros buscam mudanças para melhorar o projeto, e o ciclo “projetar – construir – testar” é repetido. A conclusão desta fase de detalhamento da engenharia é marcada pela liberação da versão final, que indica que o projeto está pronto para iniciar uma produção piloto.

Na fase de produção piloto os componentes individuais são construídos e testados em equipamentos de produção. Durante esta fase, muitas unidades do produto são produzidas e os processos de manufatura novos ou modificados, para serem executados em um nível de produção comercial, são testados. Neste estágio

todo o ferramental e equipamentos devem estar prontos e todos os fornecedores de peças devem estar aptos a produzir em um volume comercial.

A fase final do desenvolvimento é o aumento da produção. O processo foi refinado e melhorado, mas tem de ser testado para operar com um alto volume de produção. Nesse aumento, a empresa inicia a produção em um nível relativamente baixo, e assim que a organização e seus fornecedores desenvolvem confiança em sua capacidade de produção e comercialização, vai-se aumentando seu volume até atingir as metas iniciais de produção, custo e qualidade.

Já ROZENFELD (1997), em um primeiro nível, divide a fase de desenvolvimento de produtos em sete fases, mais uma “fase” que acompanha todo o desenvolvimento, onde são avaliadas todas as decisões tomadas em outras fases, realizando-se ações corretivas para eventuais problemas (Figura 3). Esta representação é baseada na forma adotada pelo APQP (*Advanced Product Quality Planning*) da QS9000 (CHRYSLER CORPORATION; FORD MOTORS COMPANY; GENERAL MOTORS CORPORATION, 1995).

Existe também um segundo nível de representação mais formalizada que não será apresentado neste trabalho.

Figura 3: Fases do Processo de Desenvolvimento de Produtos

Fonte: ROZENFELD, 1997, p. 4

A descrição de cada fase, segundo ROZENFELD (1997), é realizada a seguir:

Conceber Produto: É quando se pensa em um novo produto. Tem início com idéias vindas de informações de mercado, análises encomendadas ou realizadas pelos dirigentes, observações de concorrentes, necessidades de melhoria, opinião de clientes, etc. Após uma análise de atratividade decide-se “pensar” nesta idéia. Um grupo composto por pessoas da alta gerência e um coordenador de produto definem as diretrizes do produto, como custo, retorno esperado, data de lançamento, especificação final do produto, etc. Este coordenador acompanhará todo o ciclo de vida do produto.

Conceituar Produto: Consiste em complementar as diretrizes obtidas anteriormente, com uma definição detalhada das características técnicas do produto. Esta atividade é desempenhada por um time multifuncional, composto por engenheiros de qualidade, processo, projeto, marketing, entre outros. O coordenador de produto lidera esse time. Aplicam-se aqui técnicas de engenharia simultânea, com ênfase no QFD (*quality function deployment*) e princípios de DFMA (*design for manufacturing and assembly*). O trabalho eficaz desta equipe também é suportado por sistemas de *workgroup computing*.

Todas as possíveis informações criadas nesta fase são arquivadas de forma sistemática, garantindo a sua reutilização em fases posteriores. Já se toma aqui algumas decisões de *make or buy*, graças ao uso de sistemas de orçamento. Neste ponto pode-se convidar fornecedores para participar do desenvolvimento. Os conceitos especificados nesta fase são valorados, as diretrizes são detalhadas e validadas. E finalmente, toma-se a decisão em conjunto com o grupo de concepção se a empresa deve investir mais recursos no detalhamento do melhor conceito.

Projetar Produto: É quando se realiza o detalhamento do produto. Também é desenvolvido por um time multifuncional, porém com pessoas de perfil mais operacional que o anterior. Informações de produtos semelhantes são recuperadas de forma sistemática, para que possam ser reutilizadas. Então, novos desenhos e processos são elaborados em detalhes. São avaliadas suas características determinantes e estas são calculadas e verificadas através de simulações. Pode-se

utilizar aqui um protótipo eletrônico do produto, que custa menos em relação à construção do protótipo real, chegando a substituí-lo em alguns casos.

Antes do detalhamento de um componente, toma-se a decisão definitiva de “*make or buy*”, na maior parte das vezes confirmando aquela tomada na fase de conceituação. No entanto aqui já devem ser tomadas decisões quanto à procedência do item, ou seja, qual o fornecedor, amarrando-se o fornecimento e seu preço, para que surpresas não aconteçam na época de sua produção.

Um princípio para o trabalho das pessoas nessa fase é a qualidade assegurada nos serviços. Isso garante a liberação das informações produzidas em um estágio para que o time dê continuidade aos trabalhos dependentes dessa informação, antes da sua aprovação, garantindo assim um trabalho paralelo.

A qualquer momento desta atividade, um membro do time pode considerar um item como sendo crítico. Isto pode significar que o item pode ter uma complexidade incompatível com a empresa ou demandar um longo tempo de desenvolvimento. Esse tempo resultante de importação, desenvolvimento de dispositivos, protótipos, etc. Nesses casos é chamada uma reunião extra de todos os membros do time, a fim de liberar com maior rapidez os itens críticos. Eles são então considerados gargalos do desenvolvimento e começam a ser acompanhados com maior precisão.

No final da fase de detalhamento acontecem reuniões para definir os potenciais de falhas do projeto e processo que serão verificados durante a homologação do produto e processo respectivamente. Nesta fase são utilizados conceitos da QS 9000, uma evolução da ISO 9000, aplicando-se particularmente a técnica de FMEA (*failure model & effect analysis*). No detalhamento são obtidas também outras informações, tais como fluxo de processo; carta de controle estatístico de processo; croquis de fabricação, de *set-up* de equipamento e de inspeção; lista de ferramental, etc.

Homologar Projeto: Define-se um programa de testes do produto, um plano de processo do protótipo, itens a serem comprados e serviços externos para a sua construção.

A seguir, tem-se as atividades de planejamento, fabricação e montagem do protótipo. São então realizados testes e uma avaliação sobre os resultados obtidos. São aplicadas aqui técnicas de análise de experimentos. Ao final monta-se um relatório dos testes realizados. Com base neste relatório e tendo-se em mãos as possíveis falhas levantadas durante o Projetar Produto, finaliza-se o FMEA de produto e homologa-se o produto. Verifica-se o cumprimento das diretrizes de produto, por meio de reuniões com as equipes envolvidas no seu desenvolvimento.

Homologar Processo: Com o protótipo aprovado, parte-se para a definição de um cronograma interno de implantação do produto na empresa. São detalhados os planos de montagem após a fabricação de um lote piloto, deve-se verificar a capacidade da empresa em obter o produto desejado. São verificados as falhas do FMEA de processo e tomadas medidas pertinentes para eliminá-las.

Treinar Empresa: Consiste em obter as informações finais sobre o produto, tais como: manuais de manutenção, aplicação, etc. Com esse material são realizados cursos e palestras para pessoas das áreas de marketing, vendas, assistência técnica, planejamento e fabricação, a fim de divulgar os conceitos e características do novo produto. Sistemas de informação para apoio às outras atividades da empresa, relacionados com o produto, tais como software de apoio a vendas ou assistência técnica, são desenvolvidos nesta fase. Procura-se aqui reaproveitar as informações de outras fases.

Apesar da representação em fases, elas apresentam uma grande sobreposição, como mostra a Figura 3. Ou seja, uma atividade de uma fase pode ser iniciada antes que a fase anterior seja finalizada, desde que a informação necessária ao seu desenvolvimento já esteja disponível.

Como mostrado no item 2.1, a abordagem “tradicional” de desenvolvimento de produtos apresenta vários problemas, tais como alto custo e alto tempo de

desenvolvimento. No item 2.2 - Fases do Desenvolvimento de Produtos, algumas das características de engenharia simultânea, como por exemplo paralelismo de atividades, utilização de ferramentas como QFD e FMEA, são citadas.

A filosofia de engenharia simultânea, com o uso de técnicas, ferramentas e processos, visa eliminar ou minimizar os problemas apresentados pelo desenvolvimento “tradicional” de produtos. Esta filosofia é apresentada a seguir.

2.3. A ENGENHARIA SIMULTÂNEA E A CLASSIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS QUE A SUPTAM

A engenharia simultânea é também conhecida por outros nomes, tais como engenharia concorrente, projeto concorrente, desenvolvimento de produtos integrados e projeto em time (SYAN, 1994). Neste trabalho será empregado o termo engenharia simultânea (ES).

Segundo HALL (1991), engenharia simultânea é caracterizada pela simultaneidade do projeto e processo de manufatura de um produto.

Alguns elementos tais como formação de um time multifuncional, reorganização da estrutura organizacional, utilização de sistemas computacionais, etc. suportam a implantação bem sucedida da ES. São apresentados a seguir classificações desses elementos segundo alguns autores.

2.3.1. A Classificação Segundo SYAN (1994)

Segundo SYAN (1994), existem quatro “classes” que suportam a ES: processos, ferramentas computacionais, técnicas formais e métodos de troca de dados. Cada uma dessas “classes” são apresentadas, em detalhe, a seguir:

2.3.1.1. Processos

Existem basicamente dois aspectos desta classe de suporte de ES: a abordagem de time e a organização estrutural da empresa. Estes dois aspectos são detalhados a seguir:

a) A Abordagem de Time

São abordadas aqui as características do time multidisciplinar de desenvolvimento de produtos. Segundo SYAN (1994) este time deve conter pessoas de vários departamentos da empresa, como mostrado na Figura 4, incluindo também os principais fornecedores e clientes.

Figura 4: Composição de um Time de Desenvolvimento de Produtos Multidisciplinar

Com Base em SYAN, 1994, p. 14

Uma característica importante deste time na ES é ser responsável por todo o projeto e possuir autoridade para as decisões. Esta atitude requer treinamento dos membros do time e da gerência para ser efetivo.

Além disso, para que a ES tenha sucesso é preciso que exista a comunicação efetiva entre os seus integrantes. Esta comunicação envolve as pessoas, a troca de dados entre os sistemas utilizados tais como CAD/CAM e, talvez a atividade mais importante do time multidisciplinar, a documentação e gerenciamento das informações e das decisões realizadas, para que possam ser recuperadas sempre que necessário (SYAN, 1994).

b) Estrutura Organizacional

A forma com que a empresa se organiza para o desenvolvimento de produtos, influi neste desenvolvimento. Existem várias maneiras da empresa se organizar. Segundo SYAN (1994), a **organização matricial** (Figura 5) é a que mais se adapta às empresas que utilizam a abordagem de engenharia simultânea. Este tipo de organização compreende a superposição ou cruzamento de dois tipos de estruturas: a funcional ou departamental (permanente) e as estruturas de projetos (transitórias, que existem apenas enquanto durarem os projetos nos quais as pessoas estão alocadas), permitindo a formação dos times multifuncionais.

Figura 5: Organização Matricial
Com Base em CHIUSOLI, 1996, p. 29

CLARK & FUJIMOTO (1991) E CLAUSING (1994) são mais completos que SYAN (1994) na identificação das formas de organização do desenvolvimento de produto. CLARK E FUJIMOTO (1991) identificam quatro formas de organização: estrutura funcional tradicional, estrutura de gerente de produtos “peso leve”, estrutura de gerente de produto “peso pesado” e estrutura de time de execução do projeto. CLAUSING (1994), identifica ainda uma quinta forma: a estrutura de time de desenvolvimento de produtos independente.

Na **estrutura funcional tradicional** (Figura 6), não existe uma pessoa responsável por todo o desenvolvimento de produtos. Os gerentes funcionais são responsáveis pela alocação de recursos e pela coordenação dos esforços de desenvolvimento dos departamentos (CLARK & FUJIMOTO, 1991).

Na Figura 6, cada departamento (D1 - engenharia, D2 - marketing, etc.) é supervisionado por um gerente funcional (GF). Os engenheiro (ou pessoas de outras áreas) que trabalham em um determinado projeto são representados pelos círculos quadriculados nos departamentos.

Figura 6: Estrutura Funcional

Fonte: CLARK & FUJIMOTO, 1991, p. 254

No desenvolvimento de produtos utilizando a estrutura de **gerente de produtos “peso leve”** (Figura 7), a organização básica continua sendo funcional, e o nível de especialização é comparável ao encontrado no modelo funcional. A diferença está na presença do gerente do produto (GP), que coordena as atividades de desenvolvimento através de representantes (R). Estes representantes são o elo de ligação das pessoas de um grupo com os demais grupos de outros departamentos e o GP. O GP coordena o pessoal envolvido no projeto diretamente ou através de seus representantes. A área delimitada pelo retângulo tracejado é onde o GP exerce forte influência.

Os principais objetivos do gerente de produto são: coletar informação do *status* do trabalho e ajudar a resolver conflitos dos membros/departamentos nos grupos funcionais (CLARK & FUJIMOTO, 1991).

Figura 7: Estrutura de Gerente de Produtos “Peso – Leve”

Fonte: CLARK & FUJIMOTO, 1991, p. 254

Estes GP são chamados “pesos leve” porque não possuem acesso direto às pessoas do nível de trabalho, apenas aos representantes, e possuem menos *status* e poder que os gerentes funcionais. Nesta estrutura os GP não possuem um contato

direto com o mercado e nem responsabilidades em relação ao conceito do produto (CLARK & FUJIMOTO, 1991).

No desenvolvimento de produtos utilizando a estrutura de **gerente de produtos “peso pesado”** (Figura 8), apesar da organização ser essencialmente funcional, o gerente de projetos possui mais responsabilidade e influência. O trabalho deste gerente ocorre junto com aos representantes das áreas funcionais e aos engenheiros do nível de trabalho do projeto. A interseção entre o mercado e a zona de influência do gerente (Figura 8), indica que os gerentes também são responsáveis pela criação do conceito (integração externa), além de um contato com os clientes (CLARK & FUJIMOTO, 1991).

Figura 8: Estrutura de Gerente “Peso – Pesado”

Fonte: CLARK & FUJIMOTO, 1991, p. 254

Apesar de trabalhar sobre uma organização funcional, são organizados times responsáveis por todo o desenvolvimento do produto.

As estruturas de gerentes de produtos “peso - leve” e “peso - pesado” são variações da estrutura matricial citada por SYAN (1994) como sendo às que mais se adaptam à ambiente de engenharia simultânea.

Na estrutura de **time de execução de projeto** (Figura 9), o time “sai” da estrutura funcional e trabalha todo o seu tempo no desenvolvimento de um produto. As pessoas se reportam somente ao gerente de produto e ao fim do projeto elas reassumem suas posições na estrutura organizacional (CLARK & FUJIMOTO, 1991).

Figura 9: Estrutura de Time de Execução de Projetos

Fonte: CLARK & FUJIMOTO, 1991, p. 254

No desenvolvimento de produtos através de um **time de desenvolvimento de produtos independente**, proposto por CLAUSING (1994) as pessoas são membros apenas do time, não possuindo um lugar na estrutura funcional. Esta estrutura se assemelha à estrutura de time de execução de projeto, sem a necessidade de dissolução do time após o término do projeto. Esta forma de organização torna o produto o foco das atenções do time.

Segundo CLAUSING (1994), qualquer uma das três últimas formas de organização (estrutura de: time de desenvolvimento de produtos independente, time de execução de projetos e gerente “peso – pesado”) podem ser utilizadas com sucesso em ambientes de engenharia simultânea, sendo que a escolha de uma das três depende somente das características da empresa.

2.3.1.2. Ferramentas Computacionais

Atualmente as ferramentas computacionais são utilizadas em todas as áreas do desenvolvimento do produto, como em pesquisa de marketing, engenharia, planejamento e controle da manufatura, etc.

Uma das áreas onde mais se utiliza estas ferramentas é a engenharia, onde são empregados, por exemplo, sistemas de projeto e manufatura auxiliada por computador (CAD/CAM - *computer aided design/computer aided manufacturing*), planejamento do processo auxiliado por computador (CAPP – *computer aided process planning*), engenharia auxiliada por computador (CAE – *computer aided engineering*), ferramentas de modelagem, de simulação e planejamento da produção e custeio (SYAN, 1994).

Estas ferramentas podem gerar milhares de desenhos de peças, e informações relacionadas a estas peças, para cada projeto. Estas informações são especificações do produto, simulações, relatórios de análises e testes, relatórios de custos, informações de manufatura, etc. Torna-se então essencial a utilização de um sistema de gerenciamento de dados. Para isso, os sistemas de gerenciamento de dados de engenharia/produto (EDM/PDM – *engineering data management/product data management*) têm sido muito utilizados (SYAN, 1994).

Estas ferramentas devem funcionar de maneira integrada e efetiva num ambiente de ES, além disso as necessidades de novas ferramentas devem ser identificadas. Para que isso ocorra, é necessário o levantamento de:

- como o processo de desenvolvimento realmente opera na empresa;
- quais ferramentas são utilizadas, quais operam de maneira integrada e como funcionam;
- quais são os sistemas que operam isolados em departamentos funcionais e como eles podem operar compartilhando informações com outros sistemas;

- estágios do desenvolvimento de produtos que envolvem atividades repetitivas e que podem ser automatizadas.

2.3.1.3. Técnicas Formais

A lista de técnicas formais existentes que auxiliam o desenvolvimento de produtos é muito extensa. Ela inclui técnicas como: desdobramento da função qualidade (QFD – *quality function deployment*), projeto de experimentos, método Taguchi, projeto para manufatura (DFM – *design for manufacturing*), projeto para a montagem (DFA – *design for assembly*), técnicas de redução de estoque (JIT – *just in time*), programas de melhoria contínua e ferramentas de custeio (SYAN, 1994).

O uso destas técnicas auxilia engenheiros e projetistas a garantir um nível mínimo de qualidade. Apesar disso, nenhuma técnica oferece uma solução universal. Escolher as técnicas certas, no tempo certo do ciclo de desenvolvimento de produtos é um conhecimento essencial para os membros do time. A Figura 10 mostra quando várias técnicas são aplicadas.

Figura 10: Utilização de Técnicas no Processo de Desenvolvimento de Produtos

Fonte: SYAN, 1994, p. 19

2.3.1.4. Métodos de Troca de Dados

Atualmente a maior parte das empresas utiliza sistemas computacionais em grande parte dos seus processos, e é muito importante que estes sistemas troquem informações entre si. Uma maneira de certificar-se que isto aconteça é adquirir todos os sistemas de um mesmo fornecedor e que sejam compatíveis entre si, situação que na maioria das vezes não é possível (SYAN, 1994).

Existe também a opção por utilizar arquivos de formatos neutros, onde sistemas diferentes se comunicam uns com os outros através destes arquivos. Atualmente, existem vários tipos de padrões que fornecem suporte para a troca de dados. Os mais comuns são (SYAN, 1994):

- IGES (*initial graphics exchange specification*);
- SET (*standart d'échange et de transfert*);
- VDA-FS(*Verband der Deutschen Automobilindustrie-Flächenschnittstelle*);
- PDES (*product data exchange system*);
- STEP (*standard for the exchange of product data*).

Mais detalhes sobre os padrões de dados são dados no item 3.3.8.

2.3.2. A Classificação Segundo CARTER & BAKER (1992)

Segundo CARTER & BAKER (1992), a ES é dividida em quatro dimensões distintas, mas que interagem entre si. São elas: a dimensão da organização, da infraestrutura da comunicação, dos requisitos do produto e do desenvolvimento do produto.

A seguir, cada uma destas dimensões é detalhada:

2.3.2.1. A Dimensão da Organização

Segundo CARTER & BAKER (1992), a cultura e a política organizacional em uma empresa normalmente se opõem à engenharia simultânea. É necessário então uma reorganização da empresa para suportar a implantação da ES.

Nessa reorganização é importante considerar dois aspectos : o papel do gerente e o papel do time de desenvolvimento de produtos (PDT – *product development team*).

Os **gerentes** desempenham um papel importante na preparação da mudança da cultura da empresa para a implantação do ambiente de ES. Cabe aos gerentes criar os times de desenvolvimento de produtos e dar-lhes autonomia e responsabilidade para tomar decisões. Os gerentes devem ainda determinar as necessidades técnicas e profissionais do time e fornecer o treinamento e as ferramentas necessárias (CARTER & BAKER, 1992).

Para isso, os gerentes devem possuir uma visão ampla da ES, tendo em vista o projeto com foco no cliente e o relacionamento dos projetos com a organização. Eles também devem trabalhar junto com as demais pessoas da organização para que todos possam se preparar para o choque cultural devido às mudanças provocadas pela ES (CARTER & BAKER, 1992).

A formação do time (número de integrantes, conhecimentos técnicos de cada pessoa, etc.) e as características do gerente variam de empresa para empresa, e até mesmo de projeto para projeto, dependendo das características da empresa e do escopo, duração e grau de dificuldade do projeto.

O **PDT** deve assumir a autoridade e responsabilidade por suas decisões, sendo que a colaboração entre os membros do time é um dos aspectos mais importantes do trabalho. As decisões e ações do time devem sempre ser relacionadas com as estratégias da empresa e requisitos dos clientes (CARTER & BAKER, 1992).

2.3.2.2. A Dimensão da Infra-estrutura da Comunicação

A segunda dimensão de um ambiente de ES é a infra-estrutura de comunicação – qualquer sistema, equipamento, ou software que facilita a transferência de informações relativa ao produto. ES requer que um ou mais times trabalhem e compartilhem informação em um ambiente integrado de desenvolvimento de produtos. Por esta razão, uma comunicação efetiva é vital para o sucesso da implantação desse ambiente (CARTER & BAKER, 1992).

A complexidade do produto determina o número de áreas envolvidas e ambos determinam o tipo de infra-estrutura necessária para o compartilhamento da informação. Quanto mais componentes e áreas, mais variado e não integrado são os dados, requerendo assim uma infra-estrutura mais complexa que possa integrar os dados e manter todas as pessoas informadas sobre as atividades realizadas no ambiente de ES (CARTER & BAKER, 1992).

Com poucas áreas envolvidas no PDT, com um time pequeno e com o produto e os requisitos de cliente e da empresa simples, pode-se necessitar apenas de um correio eletrônico para manter o time informado sobre as tarefas de projeto. Com mais áreas envolvidas, pode-se utilizar uma base de dados de projeto aliada a ferramentas para a automatização de fluxos de trabalho (*workflows*) do desenvolvimento de produtos.

As informações relevantes da empresa, incluindo as das outras três dimensões, devem permear esta dimensão e ficarem disponíveis para quando os membros do time necessitarem (CARTER & BAKER, 1992).

2.3.2.3. A Dimensão dos Requisitos

Na ES a interpretação de requisitos é amplificada para incluir todos os atributos que têm impacto na satisfação do cliente, incluindo os requisitos de projeto e os requisitos internos. O foco desta dimensão são os requisitos do cliente, que devem ser utilizados desde a especificação do conceito até a validação de decisões do projeto (CARTER & BAKER, 1992).

Para tanto, a empresa deve determinar o que o cliente quer. Certificando-se também que o produto esteja de acordo com os padrões internos (da empresa) e os padrões externos (da indústria).

2.3.2.4. A Dimensão do Processo de Desenvolvimento de Produtos

Várias empresas nos anos 90 começaram a perceber que somente mudanças organizacionais ou a utilização de ferramentas modernas não eram suficientes para se tornarem competitivas no cenário mundial. Faltava uma visão integrada do desenvolvimento do produto desde a concepção do projeto até a manufatura.

A dimensão do processo de desenvolvimento de produtos envolve os processos que conectam todas as atividades do projeto. O cerne desta dimensão é o “bom projeto”, que pode superficialmente ser definido como aquele que atende aos requisitos do cliente e também atende aos requisitos da empresa (desenvolvido dentro dos prazos e custos previstos). Além disso, um bom projeto deve possuir um baixo número de alterações de engenharia durante o processo de desenvolvimento. Para atender aos requisitos do cliente são utilizadas ferramentas como, por exemplo, o desdobramento da função qualidade (QFD) (CARTER & BAKER, 1992).

Esta dimensão procura integrar o processo de desenvolvimento do produto, integrando o grupo de desenvolvimento, compartilhando os dados do produto por toda a empresa e identificando ferramentas e métodos que auxiliem e otimizem o processo de desenvolvimento como um todo.

Existem, como identificados durante este capítulo, vários elementos de “suporte” da engenharia simultânea. Vários autores apresentam definições de ES baseados em muitos destes elementos. São apresentado a seguir algumas definições de ES segundo autores diferentes.

2.3.3. Definições de Engenharia Simultânea

Apesar das mudanças organizacionais e do emprego de técnicas e de ferramentas computacionais, faltava uma visão abrangente do desenvolvimento de produtos para que a engenharia simultânea fosse implantada. Para suprir esta necessidade, o conceito de processos começou a ser utilizado.

Muitos autores, com será visto a seguir, consideram esta visão por processos como de fundamental importância para o sucesso da engenharia simultânea, sendo que alguns deles conceituam ES a partir desta visão:

Engenharia simultânea consiste em repensar o processo de transformar uma idéia num produto, seguindo-se várias técnicas e considerando as fases do desenvolvimento de produtos simultaneamente ao se tomar as decisões de um projeto (EVANS, 1991).

Engenharia simultânea é uma abordagem sistemática para o desenvolvimento concorrente e integrado de produtos, incluindo manufatura e manutenção. O objetivo desta abordagem é fazer com que as pessoas considerem todos os elementos do ciclo de vida do produto, do conceito até a obsolescência, incluindo qualidade, custo, planejamento e requisitos (CARTER & BAKER, 1992).

Engenharia simultânea é uma metodologia para desenvolvimento de projetos que propõe a realização de muitos processos pertencentes ao ciclo de vida do produto de forma simultânea (paralela), usando um time de projeto multidisciplinar e dinâmico e ferramentas automatizadas para a realização dos processos componentes (COSTA, 1994).

Engenharia simultânea consiste no aumento de clareza e unidade durante o desenvolvimento do produto. Clareza significa aumento no processo de simultaneidade, focado na qualidade, custos e distribuição, com ênfase na satisfação do cliente. Unidade significa uma melhora na integração da organização, no envolvimento do membros do time e em relacionamentos estratégicos com os fornecedores (CLAUSING, 1994).

Segundo CRISTÓVÃO E GONÇALVES FILHO (1995), a engenharia simultânea é um modelo de gestão utilizado para aprimorar o processo de desenvolvimento de novos produtos, em busca de maior competitividade. Segundo os mesmos autores, a engenharia simultânea proporciona o envolvimento de responsáveis por manufatura, métodos, qualidade, manutenção e suprimentos.

Engenharia simultânea é a filosofia utilizada no processo de desenvolvimento (ou alteração) de produtos, com base na sinergia entre seus agentes, suportados por recursos e métodos integrados, visando: um aumento da qualidade do produto, com foco no cliente; uma diminuição do ciclo de desenvolvimento e a conseqüente diminuição de custos (ROZENFELD, 1995).

Neste trabalho adota-se a definição apresentada por ROZENFELD por ser mais abrangente.

A abordagem de processos, como mostrado neste item, é muito importante para suportar a ES, sendo utilizada por diversos autores. O conceito de processos e de desenvolvimento de produtos com essa visão é apresentada a seguir.

2.4. O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS COMO PROCESSO

Segundo a definição utilizada neste trabalho, ES é uma filosofia utilizada no processo de desenvolvimento de produtos. É importante então definir o que é um processo e também o desenvolvimento de produtos de acordo com esta visão de processos.

Segundo DAVENPORT (1994, p. 6), “processo é simplesmente um conjunto de atividades estruturadas e métricas destinadas a resultar num produto específico para um determinado cliente ou mercado”.

De outra maneira, “processo de negócio é um fenômeno que ocorre dentro das empresas. Ele contém um conjunto de atividades, associadas às informações que manipula, utilizando os recursos e a organização da empresa. Forma uma unidade coesa e deve ser focalizado em um tipo de negócio, que normalmente está

direcionado a um determinado mercado/cliente, com fornecedores bem definidos (Figura 11)” (ROZENFELD, 1996, p.27).

Figura 11: Definição de Processo de Negócio

Fonte: ROZENFELD, 1996, p.37

Segundo ROZENFELD (1996), a visão da empresa por processos de negócio facilita o gerenciamento de recursos, pois fornece uma visão sistemática destes recursos, mostrando quais recursos são compartilhados por mais de um processo.

Com base na visão por processos de negócio, CLARK & FUJIMOTO (1991, p.20) definem o desenvolvimento de produtos como: “o processo pelo qual uma organização transforma dados sobre oportunidades de mercado em informações para a fabricação de um produto comercial”.

A visão por processos auxilia também na obtenção de uma visão global da empresa, ROZENFELD (1996) chama esta visão global de “visão holística”. Segundo ele, “a visão holística de uma empresa equivale a se ter uma “imagem única”, sintética de todos os elementos da empresa, que normalmente podem ser relacionados a visões parciais abrangendo suas estratégias, atividades, informações, recursos e organização, assim como suas inter-relações (Figura 12). Como recursos deve-se entender os recursos financeiros que a empresa utiliza, seus equipamentos de produção e de trabalho, os métodos e técnicas empregadas, hardware, software, etc.

O conceito de organização aqui empregado é mais abrangente do que o normalmente conhecido. Ele considera a estrutura organizacional e suas inter-relações, a sua cultura, as pessoas e sua qualificação, as formas de comunicação, assim como a capacidade de aprendizado da organização” (ROZENFELD, 1996, p. 25).

Figura 12: Visão Holística da Empresa

Fonte: ROZENFELD, 1996, p.36

Segundo o mesmo autor, “com a visão holística as decisões tomadas relativas a uma visão se tornam mais seguras, pois a influência desta decisão sobre as outras visões são observadas em primeiro lugar. Esta característica é muito importante durante a implantação da ES, pois esta filosofia influencia todas estas visões parciais. Deste modo problemas específicos durante a implantação da ES podem ser discutidos sem a perda da abrangência. No entanto, é impossível representar o todo de forma completa. Este todo é algo abstrato, que forma uma unidade na mente dos dirigentes” (ROZENFELD, 1996, p.25). Com esta visão holística, podem ser identificados alguns aspectos importantes para a implantação da ES.

Um dos grandes problemas levantados (SYAN, 1994; CARTER & BAKER, 1992) é o gerenciamento dos dados no ambiente de engenharia simultânea. Para SYAN (1994), como citado no item 2.3.1.1, esta comunicação envolve as pessoas, a

troca de dados entre os sistemas utilizados tais como CAD/CAM e a documentação e gerenciamento das informações e das decisões realizadas (talvez a atividade mais importante do time multidisciplinar), para que possam ser recuperadas sempre que necessário.

Para CARTER & BAKER (1992) todas as informações relevantes da empresa devem ficar disponíveis para quando os membros do time necessitarem. Neste contexto, mesmo com a utilização da abordagem por processos e da visão holística, que ajuda a identificar os problemas e as relações com outras visões, este é um grande desafio a ser resolvido.

A seguir são mostradas algumas necessidades de gerenciamento de dados em ambientes que utilizam a filosofia de ES.

2.5. NECESSIDADES DE GERENCIAMENTO DE DADOS EM UM AMBIENTE DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA

Segundo AFSARMANESH et al. (1994), o principal requisito da abordagem de engenharia simultânea é a disponibilidade de todos os dados relacionados a qualquer atividade do ciclo de vida do produto, para todos os membros do time que necessitem acessá-los.

As necessidades de gerenciamento dos dados do produto dependem muito das características da empresa na qual o ambiente de engenharia simultânea funciona. Muitas destas necessidades são aplicáveis também ao desenvolvimento de produtos seqüencial, mas que se tornam muito mais importantes em um ambiente de engenharia simultânea. São apresentadas a seguir algumas dessas necessidades, segundo SHEDLER (1994):

- fornecer um método de acesso, para garantir que os dados acessados sejam completos, consistentes e protegidos contra modificações não autorizadas em cada estágio de ciclo de desenvolvimento de produtos;

- gerenciar relacionamentos entre os dados, para que se possa saber onde as modificações foram realizadas e quais outros dados foram afetados;
- recuperar dados para o desenvolvimento de produtos, para reduzir o *time to market* e reduzir o custo de desenvolvimento;
- gerenciar todos os tipos de dados, não só uma pequena porção que é armazenada no computador;
- possuir gerenciador de arquivos, para que os arquivos de dados possam ser criados e manipulados em um rede de computadores sem que o usuário tenha que saber onde o arquivo está localizado ou que sintaxe o computador usa;
- suportar uma estrutura hierárquica de arquivos e peças;
- permitir ao usuário encontrar dados com base em informações de engenharia (número da peça, data de criação de um desenho, etc.);
- permitir cópias de segurança, arquivamento e recuperação dos dados;
- utilizar padrões adotados pela empresa (unidades de medida, bordas de desenho, etc.);
- suportar controle de revisão e versão dos documentos;
- visualizar os documentos em formatos padrões (GIF, processador de texto, CAD, etc.)
- possibilitar comentar o documento com texto e gráficos eletronicamente, e sem alterar o documento original;

Segundo COSTA (1994), as necessidades de gerenciamento são:

- compartilhar a base de conhecimento: armazenar o conhecimento de vários projetos existentes na empresa com o intuito de evitar erros já cometidos e estender os acertos para toda linha de produtos;

- compartilhar os dados gráficos: desenhos de detalhe, modelos tridimensionais, imagens de representação de análise de engenharia, etc.

Segundo TAVARES et al. (1994), as necessidades de gerenciamento são:

- disponibilizar as informações geométricas e tecnológicas para todas as atividades que necessitarem;
- proteger as informações.

Segundo HITCHINS (1994), as necessidades de gerenciamento são:

- cadastrar e relacionar peças e componentes;
- localizar onde os componentes são utilizados (*where-used*);
- listar quais componentes são utilizados em cada montagem (*composed off*);
- possibilitar a criação de estruturas de produto a partir dos dados cadastrados;
- possibilitar a criação de estruturas de produtos alternativas para uma mesma peça;
- gerenciar informações de montagem;
- permitir várias visões da estrutura de produto;
- possibilitar a localização de componentes semelhantes para serem utilizados em projetos atuais;
- possibilitar o “congelamento” dos documentos, impedindo a alteração, em vários estágios do desenvolvimento, para permitir que possam ser examinados;
- mostrar o impacto de alterações ocorridas em documentos do projeto. Por exemplo, indicar quantos componentes e quantos projetos serão alterados com alterações em um desenho de componente.

Segundo SYAN (1994), os sistemas de gerenciamento de dados de produto são essenciais para gerenciar os dados em um ambiente de engenharia simultânea. Muitas empresas utilizam estes sistemas para suprir as necessidades de gerenciamento de dados apresentadas.

No próximo capítulo os sistemas de gerenciamento de dados, o mercado, as formas de implantação e os benefícios da utilização destes sistemas, bem como as funcionalidades desses sistemas, utilizadas para o gerenciamento de dados e de processos, serão detalhados.

3. GERENCIAMENTO DE DADOS DE PRODUTO

Um dos maiores desafios para a implantação bem sucedida da engenharia simultânea é o gerenciamento de **todos** os dados relativos ao produto, pois com o uso desta filosofia os dados podem ser utilizados, se que estejam completos, nos estágios iniciais do desenvolvimento (PRASAD, 1996). Além disso é necessário que estes dados estejam disponíveis sempre que necessário, pois de 40% a 50% do tempo de desenvolvimento é gasto na comunicação e na transmissão de informações (WARNECKE & ZEIHSEL, 1995).

Os sistemas de gerenciamento de dados de produto, conhecidos como sistemas PDM (*product data management*), têm sido considerado como uma das melhores soluções para superar o desafio de gerenciar dados e processos durante o processo de desenvolvimento de produtos.

Neste capítulo são apresentados o histórico dos sistemas PDM, suas terminologias, suas principais funcionalidades, o mercado desses sistemas, as estratégias para implantação e os benefícios da implantação deste tipo de sistema.

3.1. HISTÓRICO

Nas últimas décadas as empresas de manufatura fizeram investimentos significativos em automação de vários processos do ciclo de vida dos produtos. Infelizmente, o uso de *softwares* para suportar cada uma destas tecnologias resultou em “ilhas de automação” que podem ser caracterizadas por (DICKERSON, 1996):

- manutenção de sistemas computacionais incompatíveis entre si e que normalmente são desenvolvidos e suportados por diferentes fornecedores para

Rogério Omokawa

finanças, engenharia, controle de versão do produto, planejamento do processo, etc.;

- necessidade de se manter pelo menos duas estruturas de produto devido a falta de integração de dados e sistemas, uma estruturada de acordo com as necessidades da engenharia e a outra de acordo com as da manufatura;
- geração de uma grande quantidade de dados de projeto em um curto período de tempo, que torna o controle manual destes dados extremamente difícil, se não impossível; e
- proliferação e manutenção de conversores para troca de dados entre sistemas incompatíveis.

Durante a década de 80, as empresas sentiram a necessidade de um gerenciamento mais eficiente dos dados e da estrutura de produto e da automação das ordens de alteração de engenharia (ECO – *engineering change order*).

Devido à falta de sistemas comerciais disponíveis, estas empresas foram forçadas a desenvolver soluções internamente. Estas soluções se originaram na engenharia, com o objetivo de armazenar os arquivos em um local seguro, rastrear os trabalhos em processo, e expedir revisões e aprovações de alterações de engenharia (DICKERSON, 1996).

“No final dos anos 80 muitos fornecedores de *software*, conscientizando-se da necessidade e das oportunidades de negócio associadas ao desenvolvimento de sistemas PDM, introduziram a primeira geração comercial destes sistemas. Alguns destes fornecedores ofereceram sistemas PDM independentes de outros *softwares* de engenharia. Entretanto, a maior parte já estava no negócio de vendas de *softwares* CAD/CAE/CAM (projeto, engenharia e manufatura auxiliada por computador), e percebendo os problemas de gerenciamento de dados, começaram a adicionar o sistema PDM à sua linha de produtos. Eles tipicamente focaram as vendas de sistemas PDM aos clientes que já utilizavam seus sistemas CAD/CAE/CAM” (HOW, 1996, p.1).

Esta primeira geração de sistemas PDM foi desenvolvida para “reforçar” procedimentos de engenharia (HOW, 1996), controlando apenas documentos e processos bem definidos, como por exemplo o ciclo de aprovação de desenhos.

Recentemente, entretanto, outras áreas do ciclo de vida do produto têm sido alvo de melhorias, sendo que a diminuição do *time-to-market* é o maior objetivo de grande parte das empresas. Para auxiliar na melhoria dessas áreas, foi desenvolvida uma segunda geração de sistemas PDM, que suporta todo o ciclo de vida do produto - desde a concepção inicial até a obsolescência do produto. Eles suportam práticas de engenharia simultânea tanto em uma fase conceitual do projeto, quanto em um processo de alteração de engenharia bem definido (HOW, 1996).

Atualmente, sistemas PDM são ferramentas que gerenciam todos os dados e processos relacionados ao produto, durante todo o ciclo de vida (HOW, 1996).

3.2. TERMINOLOGIA

Segundo PIKOSZ (1997, p.8), “PDM define os processos que são utilizados para transmitir e gerenciar dados do produto que são criados e detalhados em diferentes áreas da empresa.”

Já sistemas PDM referem-se a sistemas que possuem funções para “organizar, acessar e controlar todos os dados relativos a um produto, e gerenciar o ciclo de vida do produto. Estes sistemas podem trabalhar com uma grande variedade de *softwares* e com sistemas tradicionais, não computacionais, que geram ou usam dados do produto, tais como, documentos em papel. O sistema também pode trabalhar com uma combinação de computadores, estações de trabalho, e *hardware* associados” (MILLER et al., 1994, p.6)

Para DICKERSON (1996), sistemas PDM são aqueles que integram e gerenciam os processos, aplicações, e informações que definem os produtos ao longo de sistemas distribuídos e várias mídias na empresa. Sistemas PDM incorporam

todas as informações relativas ao produto, incluindo documentos impressos, documentos eletrônicos, arquivos digitais e registros de banco de dados.

Ao longo do desenvolvimento dos sistemas de gerenciamento de dados surgiram diversas terminologias, tais como: *product data management* (PDM), *engineering data management* (EDM), *engineering document management* (EDM), *electronic data management* (EDM), *product information management* (PIM), *computer integrated and program information management* (PIM), *technical data management* (TDM) e outras (MILLER et al., 1994).

O CIMDATA (1996) e DICKERSON (1996) utilizam o termo *product data management* ou PDM como um termo amplo, que engloba todos os conceitos das terminologias acima (Figura 13).

Figura 13: Product Data Management

Já SWANTON (1997) utiliza dois termos para identificar os sistemas de gerenciamento de dados: *electronic document management* (EDM) e *product data management* (PDM) (Figura 14). A diferença entre os dois termos está nas “áreas” englobadas por cada um deles.

Figura 14: “Áreas” Funcionais de PDM e EDM
Com Base em SWANTON, 1997, p.10

Como mostrado na Figura 14, existe uma base comum de gerenciamento de documentos entre os sistemas PDM e EDM, e existe também uma divisão de “áreas” funcionais em quatro grupos. Os sistemas EDM são aqueles que englobam as “áreas” de manuais e da manufatura. Já os sistemas PDM englobam as “áreas” de projeto, do produto e da manufatura, existindo uma sobreposição dos sistemas na “área” de manufatura.

As descrições da base comum e das “áreas” funcionais são realizadas a seguir:

- **gerenciamento de documentos:** é a base comum a ambas as terminologias e se refere a funções básicas para organizar e controlar arquivos. É incluída aqui a funcionalidade de “cofre” de dados, que armazena e controla as modificações dos documentos. A maioria dos sistemas inclui também uma infra-estrutura para montar fluxos de trabalho, que entre outras funções controlam o roteamento dos documentos na empresa (SWANTON, 1997);

- **manuais:** são funcionalidades que gerenciam o material de marketing e publicações técnicas, além de procedimentos da empresa e manuais *on-line* (SWANTON, 1997);
- **manufatura:** cobre as atividades de fabricação do produto, incluindo aplicações de fluxo de trabalho para liberar as informações do produto para a manufatura, criação de planos de processo, etc. Além de disponibilizar dados para os fornecedores. (SWANTON, 1997);
- **produto:** é o domínio da engenharia. Os dados gerenciados normalmente são desenhos que estão sendo trabalhados. Estão incluídos aqui integração com sistemas CAD e gerenciamento da estrutura de produto. Algumas ferramentas como visualização 3D, ajudam a simular a montagem virtual das peças (SWANTON, 1997);
- **projeto:** é uma área utilizada apenas para produtos complexos, como por exemplo aeronaves, navios, etc., quando um gerenciamento de projetos detalhado é necessário. O *status* de cada desenho individual é controlado de acordo com prazos, para garantir que o projeto seja cumprido no tempo estipulado. Além disso, informações detalhadas do gerenciador de configurações (por exemplo, várias visões da estrutura de produto) são geradas e podem ser mantidas devido a normas, manutenção do produto, ou por motivos de contrato (SWANTON, 1997).

Neste trabalho utiliza-se o termo PDM (*product data management*) utilizado por SWANTON (1997) (Figura 14).

3.3. FUNCIONALIDADES DE SISTEMAS PDM

As funcionalidades de sistemas PDM variam muito de sistema para sistema, existindo desde sistemas com apenas funcionalidades de “cofre” de dados e fluxo de trabalho, que gerenciam apenas documentos de sistemas CAD até sistemas com

todas as funcionalidades, e que gerenciam vários tipos de dados. O CIMDATA (1996) e DICKERSON (1996) definem como funcionalidades dos sistemas PDM:

Principais Funcionalidades

- “cofre” (*vault*) de dados;
- fluxo de trabalho (*workflow*) e gerenciamento de processos;
- gerenciamento da estrutura do produto/gerenciamento de configuração;
- classificação e recuperação;
- gerenciamento de projetos;

Funcionalidades de Apoio

- comunicação e notificação;
- transporte de dados;
- conversão de dados;
- serviços de visualização e comentário (*markup*);
- administração.

A seguir cada uma destas funcionalidades será detalhada.

3.3.1. “Cofre” de Dados

O “cofre” de dados (*vault*) e a base de dados, responsáveis pelo gerenciamento de documentos, são o núcleo dos sistemas PDM (PIKOSZ, 1997). A base de dados gerencia os meta-dados (dados sobre os dados), e o “cofre” é responsável pela segurança, controle e armazenamento dos dados (Figura 15)

gerenciados pelo sistema PDM (CIMDATA, 1996). Estes dados podem incluir a combinação de (MILLER et al., 1994):

- dados produzidos por sistemas CAD, CAM, CAE ou outros sistemas de engenharia ou manufatura;
- dados produzidos por aplicativos de escritório (processador de texto, planilha eletrônica, etc.);
- referências para dados não digitais ou outros dados externos;
- dados gravados em um sistema gerenciador de base de dados;
- formulários eletrônicos como ordens de alteração de engenharia (ECO).

Figura 15: Funcionamento do “Cofre” de Dados

Todos esses dados e documentos são colocados sob controle do “cofre” por um mecanismo conhecido como *check-in*, que pode ser utilizada na criação, atualização e aprovação. Dados ou arquivos que são reincorporados depois de terem sido modificados podem ser mantidos como uma nova versão ou como uma nova revisão, mantendo o original ou versão anterior intacta para futura consulta, caso necessário (MILLER et al., 1994).

Existe também o mecanismo de *check-out*, que é utilizado quando o usuário necessita de um dado ou arquivo que já está sob controle do “cofre”. O *check-out* de dados pode ser requisitado, desde que o usuário possua permissão (Figura 15). Quando é realizado o *check-out* de um documento, o sistema PDM informa a qualquer outro usuário que tente utilizar este documento que uma alteração está em progresso e não permite que outro usuário altere simultaneamente o mesmo documento, gerando incompatibilidades (PIKOSZ & MALMQVIST, 1996).

Além disso o “cofre” mantém um histórico de todos os dados, com informações de quando e por quem esses dados foram acessados.

3.3.2. Fluxo de Trabalho e Gerenciamento de Processos

Conforme GEORGAKOPOULOS et al. (1995), fluxo de trabalho (*workflow*) é uma coleção de atividades organizadas de modo a realizar um processo. Uma atividade pode ser executada por um ou mais sistemas de *software*, um ou mais grupos de pessoas, ou uma combinação desses.

Figura 16: Fluxo de Trabalho de Aprovação de Desenhos

A funcionalidade de fluxo de trabalho e gerenciamento de processos definem e implementam automatizações de processo e fluxos de trabalho, como por exemplo

o fluxo de aprovação de desenhos (Figura 16) no processo de desenvolvimento de produtos (CIMDATA, 1996).

3.3.3. Gerenciamento da Estrutura de Produto/Gerenciamento de Configuração

A funcionalidade de gerenciamento da estrutura de produto cria e mantém as montagens, as configurações do produto, as estruturas de produto (BOM – *bill of material*) e todos os elementos gerenciados pelo sistema PDM relativos a esta estrutura. Esta funcionalidade deve fornecer mecanismos para permitir ao usuário encontrar facilmente informações relacionados com peças e estruturas de produto (MILLER et al., 1994).

Muitos sistemas PDM oferecem a capacidade de se definir várias “visões” de uma mesma estrutura de produto. O usuário escolhe qual das “visões” (visão funcional, visão de montagem, etc.) ele deseja ver apresentada (Figura 17). O sistema PDM mantém estas “visões” a partir de uma única estrutura de produto, mantendo a integridade da estrutura (MILLER et al., 1994).

O sistema pode permitir ainda que o usuário defina peças alternativas, substitutas e opcionais na mesma estrutura. Esta capacidade permite reduzir o número de estruturas de produto a serem criadas e um melhor gerenciamento de alterações destas estruturas.

Figura 17: Visão Funcional x Visão de Montagem

Com Base em MILLER et al., 1994, p.22

O sistema também pode permitir relacionamentos entre peças (Figura 18), de peças com documento (Figura 19), de peças com revisão e documentos e combinações destes relacionamentos (Figura 20).

Figura 18: Estrutura do Produto - Relacionamento entre Peças

Fonte : MILLER et al., 1994, p.26

Figura 19: Estrutura do Produto - Relacionamento Peça - Documento

Fonte: MILLER et al., 1994, p.26

Figura 20: Combinação de Todas as Formas de Estrutura de Produto

Fonte: MILLER et al. , 1994, p.27

3.3.4. Classificação e Recuperação

Na classificação são associados atributos (por exemplo material, fornecedor, no caso de peças) aos componentes (peças, documentos, etc.), para que itens similares possam ser agrupados de modo que eles possam ser posteriormente recuperados. A funcionalidade de classificação/recuperação é utilizada para localizar documentos, peças, componentes padrões, processos e objetos (CIMDATA, 1996).

Na classificação/recuperação de peças, cada peça possui sua própria lista de atributos, por exemplo: material, fornecedor, etc. Através destes atributos são realizadas as recuperações, por exemplo, de peças similares.

Os documentos podem ser classificados da mesma forma para especificar o tipo de documento. As classes de documentos podem incluir “especificação de venda”, “desenho”, “modelo sólido”, etc. Cada documento pode ter atributos como, “autor”, “revisor”, “versão”, etc.

Um exemplo de classificação é dado pela Figura 21, onde a classificação é realizada em três níveis. No primeiro nível, o sistema divide a população heterogênea em classes de objetos com características similares (por exemplo: peças prismáticas, peças rotacionais, etc.).

Figura 21: Sistema de Classificação de 3 Níveis

Fonte: OLIVEIRA, 1998, p.35

Esse agrupamento de objetos similares possibilita que sejam relacionados, no segundo nível, os atributos específicos de cada classe. O eixo possui como atributos o material, o número de escalonamentos, a dimensão do diâmetro maior e o comprimento. Se fosse uma chapa, existiriam atributos diferentes, como a espessura. Por meio desses atributos, é possível comparar objetos de uma mesma classe durante a recuperação de informações, bem como utilizar ferramentas refinadas de busca como funções de filtro (igualdades, desigualdades e operadores booleanos), selecionando-se assim o melhor para a aplicação desejada (OLIVEIRA, 1998).

De acordo com as especificações que representam, os atributos podem assumir valores numéricos discretos ou *strings* (cadeias de caracteres), ou ainda ser um *flag* do tipo TRUE/FALSE (OLIVEIRA, 1998).

No terceiro e último nível, encontram-se os descritores, os quais permitem que características adicionais e comentários sejam atribuídos ao objeto (OLIVEIRA, 1998).

O CIMDATA (1996) pondera que a implantação do sistema de classificação pode ser facilitada com a utilização de bibliotecas padrões para objetos considerados *commodities* (componentes eletrônicos, tubos e conexões, rolamentos, ferramentas para usinagem, etc.), as quais são fornecidas pelos próprios fornecedores ou pelas normas de padronização (DIN, ISO, SAE, etc.).

3.3.5. Gerenciamento de Projetos

Atualmente todos os sistemas PDM fornecem somente a mínima funcionalidade de gerenciamento de projetos, como por exemplo informações sobre o *status* das tarefas. Normalmente a capacidade de manipular o agendamento de recursos e analisar o caminho crítico das atividades é fornecida por outros sistemas comerciais de gerenciamento de projeto e que são integrados ao sistema PDM (MILLER et al., 1994).

3.3.6. Comunicação e Notificação

Comunicação de aplicativos para o envio de mensagens, imagens, arquivos e outros dados é uma das funcionalidades mais importantes do sistema PDM e a base para a criação de ambientes de engenharia simultânea. Esta funcionalidade permite aos usuários serem notificados, manualmente ou automaticamente, quando eles possuem uma tarefa a ser realizada (como uma revisão ou aprovação de um desenho, por exemplo) ou quando existe uma alteração proposta ou implementada, que pode provocar um impacto nos dados que o usuário estiver utilizando (MILLER et al.,

1994). Como por exemplo a mudança dimensional de uma peça, que causa mudanças em todo o conjunto.

Alguns sistemas PDM têm seu próprio sistema de *e-mail* para informar aos usuários quando uma nova revisão está pendente ou uma versão foi aprovada. Outros sistemas PDM utilizam sistemas de *e-mail* de terceiros ao invés de utilizar um sistema proprietário. Esta funcionalidade trabalha em conjunto com a funcionalidade de fluxo de trabalho, vista anteriormente.

3.3.7. Transporte de Dados

Normalmente, sistemas PDM fornecem funcionalidades de transporte de dados para que os usuários finais, que acessam as informações, não necessitem saber onde a informação está fisicamente e como mover estes dados. Com a ajuda de sistemas PDM, o usuário pode escolher os dados a serem transportados (através de parâmetros) e informar o sistema PDM para onde ele quer que os dados sejam movidos (por exemplo para o “cofre” de dados de um outro projeto).

O sistema PDM isola os usuários dos comandos dos sistemas operacionais e da rede. O transporte de dados ocorre da seguinte forma: um usuário localiza o dado desejado utilizando métodos de procura do sistema, depois o dado é transportado (*checked out*) do “cofre” do PDM para o local desejado (como por exemplo o espaço de trabalho do usuário) (MILLER et al., 1994).

Um exemplo do uso desta funcionalidade é o trabalho de um time multidisciplinar geograficamente distribuído. Não importa que o usuário esteja localizado geograficamente longe do “cofre” de dados, ele pode escolher qual dado ele necessita e realizar uma cópia para sua área de trabalho, sem necessitar saber onde o dado está fisicamente localizado (Figura 22).

Figura 22: Transporte de Dados

A funcionalidade de transporte de dados pode suportar as seguintes operações:

- copiar ou mover arquivos requisitados pelo usuário;
- copiar ou mover arquivos automaticamente, quando apropriado (em resposta a um evento);
- enviar arquivos para um usuário com agendamento prévio.

3.3.8. Conversão de Dados

Sistemas PDM gerenciam arquivos produzidos por diferentes aplicativos. Estes arquivos quando são transportados de um aplicativo para outro frequentemente devem ser convertidos para formatos diferentes ou para um formato neutro.

Esta conversão pode ser realizada de maneira automática pelo sistema PDM ou pode ser realizada pelo usuário, quando necessário (MILLER et al., 1996).

Segundo BARRA¹ apud AGUIAR (1995), foram desenvolvidos vários padrões para troca de dados, tais como IGES (*Initial Graphics Exchange Specification - EUA*), SET (*Standard d'Echange et de Transfert – França*) e VDA-FS (*Verband der Deutschen Automobilindustrie-Flächenschnittstelle – Alemanha*). Porém várias deficiências foram encontradas através do uso destes padrões, podendo-se destacar:

- as ambigüidades de suas definições;
- restrições no que se refere ao escopo de dados de produtos representados;
- inflexibilidade no que concerne à forma de implementação;
- falta de procedimentos para verificação de conformidade;
- ineficiência e imprecisão das implementações.

Para que estas deficiências fossem supridas, foi criado o STEP (*Standard for the Exchange of Product Model Data*). O STEP (ISO 10303) é um padrão internacional de troca e representação de dados do produto, cujo objetivo é fornecer um mecanismo neutro capaz de descrever os dados do produto ao longo do ciclo de desenvolvimento do produto, independente do tipo de sistema (TAVARES, 1994). Esses dados poderiam estar armazenados em arquivos e ou em bancos de dados compartilhados.

A utilização do padrão STEP permitirá aos sistemas PDM gerenciarem melhor todas as informações relativas ao ciclo de vida do produto, além de permitir a estes sistemas funcionarem como ferramentas de troca e distribuição de dados (DICKERSON, 1996).

¹ BARRA, R.A. (1994). On the implementation of systems for realistic visualization of STEP models. Berlim. Tese (Doutorado) – Universidade Técnica de Berlim apud AGUIAR, A.F.S. (1995). Sistemática de seleção de sistemas computacionais para o auxílio às atividades de engenharia. São Carlos. 139p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. p.16

3.3.9. Serviços de Visualização e Comentários (*markup*)

Fornece ao usuário a capacidade de visualizar, de realizar comentários e de converter imagens de um padrão para outro. Os serviços de imagem possuem (CIMDATA, 1996):

- suporte para visualização de vários padrões de arquivos como: PDES/STEP, IGES, DXF, HPGL e TIFF;
- visualizador de arquivos CAD incorporado ao sistema, para os sistemas CAD mais populares;
- integração com sistemas de visualização produzidos por terceiros.

A função de comentário permite ao usuário fazer observações ou anexar notas para outros usuários em um arquivo, sem mudar o conteúdo original do arquivo. Um exemplo é dado na Figura 23, onde comentário para especificar as tolerâncias no desenho do eixo é feito em vermelho, sendo que o comentário só é visível para o projetista que realizará as correções.

Figura 23: Desenho do CAD com Comentário

3.3.10. Administração

As funcionalidades de administração incluem suporte para definir e manter meta-dados, gerenciar as autorizações dos usuário, e gerenciar arquivamentos e *backups* (MILLER et al., 1994).

Alguns exemplos de meta-dados incluem: identificação do criador do dado gerenciado; código de identificação do fornecedor, no caso de peças compradas; e versões de desenhos.

As autorizações de usuário incluem desde as opções de ler, escrever, copiar e editar associados a sistemas operacionais de computadores, até o acesso para a alteração de processos da empresa. Além disso, alguns sistemas PDM fornecem funções para manutenção de redes, *backup* e recuperação de informações (MILLER et al., 1994).

3.4. MERCADO DE SISTEMAS PDM

Os sistemas PDM, apesar de serem uma tecnologia recente se comparada outras ferramentas computacionais de apoio (sistemas CAx), têm apresentado um expressivo crescimento nos últimos anos. De acordo com o relatório do CIMdata o mercado mundial de PDM cresceu 31% em 1996 (CIMDATA, 1997) e 22% em 1997, chegando a \$1,1 bilhões, e há expectativas de que o mercado cresça 18% por ano até o ano 2000, chegando a \$2,5 bilhões (CIMDATA, 1998).

O maior segmento de mercado é a América do Norte com 44% de participação em 1996, apesar da diminuição da participação que era de 55% em 1995. Os investimentos europeus representaram 38% do mercado mundial em 1996, contra 33% em 1995. Enquanto que a participação Asiática, impulsionada pelas vendas Japonesas, passaram de 12% em 1995 para 18% em 1996 (Figura 24). Não foram encontrados dados sobre o mercado deste tipo de sistema no Brasil/América Latina.

Figura 24: Mercado Mundial de Sistemas PDM

A partir dos dados apresentados pode-se notar que existe um crescimento global do mercado de sistemas PDM, e também um aumento do uso desses sistemas em diferentes mercados, principalmente o asiático (Figura 24). Neste mesmo relatório são apresentados os líderes do mercado de PDM:

**Tabela 1: Participação de Mercado das Principais Empresas Produtoras de
Sistemas PDM em 1996**

Fonte: CIMDATA, 1997, p.2

Empresa	Participação no mercado
Computervision	8%
Metaphase Technology	7%
IBM	6%
Documentum	5%
Intergraph	4%
Sherpa	4%
Formtek	4%
EDS/Unigraphics	3%
Altris Software	3%
NEC	3%

Já segundo SWANTON (1997) o mercado é dividido da seguinte forma:

Tabela 2: Participação de Mercado das Principais Empresas Produtoras de Sistemas PDM em 1996

Fonte: SWANTON, 1997, p.7

Empresa	Participação no mercado
Computervision ²	16%
Documentum	9,7%
Formtek	9%
Sherpa	9,4%
SDRC ³	8,3%
Hewlett-Packard	5,5%
Intergraph	3,8%
Interleaf	3%
EDS/Unigraphics	2,8%
NovaSoft	2,7%
Workgroup Technology	2,6%
IBM	2,4%
Cimage	2,1%
Adra	1,6%

² Incluindo rendimentos associados ao visualizador de CAMU (Computerized Assembly Mock-UP)

³ Inclui rendimentos de PDM de 1996 da Control Data Corp. (CDC), adquirida pela SDRC

Empresa	Participação no mercado
Consensys	1%
Applicon	0,7%
Autodesk	0,7%
Agile	0,3%
Matra Datavision	0,3%
Outros	18,2%

No relatório de 1997 do CIMdata (CIMDATA, 1998) foi apresentado algumas alterações na participação do mercado de sistemas:

Tabela 3: Participação de Mercado das Principais Empresas Produtoras de Sistemas PDM em 1997

Fonte: CIMDATA, 1998, p.8

Empresa	Participação no mercado
Metaphase Technology	7%
IBM	6%
Documentum	5%
EDS/Unigraphics	5%
Intergraph	4%
Aspect Development	4%
Sherpa	4%
Parametric Technology Corp.	3%
Computervision Corp.	3%

Empresa	Participação no mercado
Siemens	2%

A partir da análise da participação dos maiores fornecedores, é possível também notar que o mercado não é dominado por uma única empresa, sendo que as 10 maiores dominam aproximadamente 50% do mercado e o restante do mercado é dividido entre dezenas de outras empresas (Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3).

Além disso, segundo o CIMdata (CIMDATA, 1998), o mercado de sistemas PDM possui uma grande segmentação, que tende a aumentar no futuro, sendo que cada segmento possui fornecedores específicos. Alguns fornecedores focam em vendas de sistemas com muitas funcionalidades, enquanto que outros se concentram em funcionalidades específicas tais como gerenciamento de documentos/componentes ou ainda fluxo de trabalho.

Existe a tendência de ocorrerem compras de empresas produtoras de sistemas PDM por outras do setor, como por exemplo a compra da Computervision pela Parametric Technologies em 1997 e também de acordos para combinar as tecnologias desenvolvidas por duas ou mais empresas. Outra tendência é também a entrada de fornecedores de sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) no mercado de sistemas PDM (CIMDATA, 1998).

3.5. ESTRATÉGIAS DE IMPLANTAÇÃO A PARTIR DE COMPLEXIDADES TÉCNICAS

Segundo PIKOSZ et al. (1997), existem quatro níveis de complexidade na implantação de sistemas PDM (Figura 25). No nível mais simples está a implantação/funcionamento do “cofre” de dados e do gerenciamento de documentos, num segundo nível estão o gerenciador do fluxo de trabalho e da estrutura de produto, num terceiro nível estão as funcionalidades de interface com outros sistemas de tecnologia da informação (TI), e no nível mais complexo está o suporte para todo

o ciclo de vida do produto, no qual todos os dados são gerenciados desde o conceito do produto até a obsolescência.

Figura 25: Níveis de Complexidade de Sistemas PDM

Fonte: PIKOSZ, 1997, p.23

Baseados no espaço de tempo em que se alcançam estes níveis de complexidade, o mesmo autor apresenta três estratégias para a implantação de sistemas PDM: implantação por projeto, foco em uma funcionalidade do sistema PDM e implantação de um arquivo central.

3.5.1. Implantação por Projeto

Utilizando esta estratégia, as funcionalidades dos quatro níveis de complexidade são implantadas no decorrer do desenvolvimento de um produto. Esta estratégia causa pouca mudança no restante da empresa, e tem como objetivo criar um modelo de desenvolvimento de produtos integrado, para depois aplicá-lo ao restante da empresa.

Este modelo integrado é uma ferramenta para melhorar a comunicação no time de desenvolvimento de produtos, permitindo o suporte para comunicação desde o início do processo. Os dados de todo o processo de desenvolvimento ficam acessíveis a todos os participantes do time, que podem verificar sempre que

necessário o *status* do projeto. Esta estratégia permite uma rápida implantação do sistema, passando por todos os níveis de complexidade listados na Figura 25.

Para criar um “cofre” de dados digitais e gerenciar a implantação das funcionalidades referentes ao primeiro nível de complexidade, o projeto deve começar a armazenar todos dados desde o início do processo (por exemplo: lista com requisitos do produto, planejamento das atividades de desenvolvimento, etc.). O segundo nível de complexidade é alcançado quando o projeto começa a ser detalhado em subsistemas e se cria um modelo de desenvolvimento de produtos integrado, onde a funcionalidade fluxo de trabalho (*workflow*) pode ser introduzida para automatizar os processos de alteração de engenharia (PIKOSZ, 1997).

O terceiro nível seria possibilitar a troca de dados do sistema PDM com outros sistemas de informação. Um exemplo típico é a criação de uma interface entre os sistemas PDM e ERP (*Enterprise Resource Planning*).

O nível final é permitir o suporte para o completo ciclo de vida desde a fase de concepção/conceituação do produto até a obsolescência do produto.

Uma das principais vantagens desta estratégia de implantação é a de que pode-se obter uma visão de todo o processo de implantação em um projeto, e em um período relativamente curto de tempo, antes de estender o sistema para a empresa inteira. A grande desvantagem deste tipo de estratégia é a de possui maior possibilidade de falha devido ao alto e rápido nível de complexidade alcançado.

A utilização de funcionalidades de sistemas PDM em todas as fases do desenvolvimento do produto tem um impacto muito grande na metodologia de trabalho, sendo portanto muito importante a participação dos membros do time de desenvolvimento de produtos na implantação.

É recomendável, para reduzir o risco de falha, que o primeiro projeto a utilizar o sistema PDM utilize arquivos duplicados, com cópias no sistema PDM e no sistema antigo. Isto requer que as pessoas do time coloquem os mesmos dados duas vezes, podendo causar frustração e a não utilização do sistema PDM. Uma maneira

de se evitar esta situação e reduzir o risco de falha é programar interfaces entre os sistema PDM e o sistema antigo ao invés de forçar as pessoas a utilizar dois sistemas separados.

3.5.2. Foco em uma Funcionalidade do Sistema PDM

A segunda estratégia prega a introdução de uma função do sistema PDM em um departamento, por exemplo o departamento de engenharia.

São razões para se escolher implantar uma funcionalidade do sistema PDM: suportar uma funcionalidade chave, ou uma funcionalidade que atualmente não é suportada pelos sistemas atuais da empresa, ou ainda suportar uma funcionalidade onde o aumento da eficiência e aceitação dos usuários possa ser identificada. Um exemplo típico deste tipo de estratégia é a aplicação da funcionalidade de fluxo de trabalho em processos da empresa que são longos e rotineiros.

Outro modo de aplicação desta estratégia é a introdução da funcionalidade de estrutura de produto, que cria e gerencia as estruturas de produto e conecta os modelos criados em CAD às respectivas peças nas estruturas. Esta aplicação proporciona o gerenciamento de um grande número de montagens de CAD com a capacidade de gerenciar as versões dos arquivos e das estruturas de produto, além de integrar o sistema CAD ao PDM.

As duas variantes desta estratégia de implantação estão no segundo nível de complexidade, sendo que a condição básica é a de existir uma base de dados com meta-dados e um “cofre” de dados, sendo que apenas parte dos dados e meta-dados serão utilizados, pois nem todos os dados da empresa serão afetados.

A introdução de uma função do sistema PDM por vez é associada a um risco menor que a primeira estratégia, pois os níveis de complexidade são alcançados em um tempo maior, havendo mais tempo para testes e familiarização do sistema por parte do usuário. Embora seja necessária a participação de usuários, este tipo de implantação pode ser realizada em grande parte por especialistas (PIKOSZ, 1997).

Este tipo de estratégia pode motivar a implantação de outras funcionalidades do sistema PDM na medida que seja bem sucedida.

3.5.3. Introdução de um Arquivo Central

A terceira estratégia é suportar o arquivo central da empresa e o ciclo de vida de todos os documentos da empresa. O primeiro passo nesta estratégia é converter documentos em papel para o formato digital. Um segundo passo é permitir o acesso rápido aos documentos, que pode ser realizado por funções de visualização ou utilizando a *intranet* da empresa. O terceiro passo é permitir possibilidades de armazenagem eficientes, diretamente das ferramentas computacionais que a empresa utiliza.

Esta estratégia é a menos complexa (primeiro nível de complexidade) e é também a mais fácil de se executar sem falhas. Ela pode ser executada por especialistas desde que seja bem especificada. O especialista pode customizar o sistema “*off-line*” e introduzi-lo somente após a funcionalidade ter sido verificada.

O potencial para suportar o desenvolvimento integrado de produtos é menor que as outras estratégias, mas um arquivo digital central dá à empresa todo suporte para acesso rápido aos documentos arquivados. O nível de mudança na empresa é muito baixo, e a criação de um arquivo digital serve como base para futuras implantações de outras funcionalidades mais complexas.

3.6. BENEFÍCIOS DA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS PDM

Segundo MCINTOSH (1995), os benefícios esperados com a implantação de um sistema PDM dependem do tipo, tamanho e escopo do sistema a ser considerado. Além disso, estes benefícios normalmente advêm da combinação da implantação do sistema com a utilização de conceitos como a engenharia simultânea.

Apesar das diferenças, alguns benefícios comuns à maioria das implantações de sistemas PDM podem ser citados, tais como:

- redução nos custos: pode ser atribuída predominantemente à redução nos custos de trabalho de engenharia e manufatura (ganhos de mais de 25% podem ser obtidos) como resultado da redução do tempo utilizado em atividades associadas ao manuseio de informações. Entre estas atividades podemos citar a procura, a checagem da validade e a movimentação dos dados entre processos (DEPARTMENT OF TRADE AND INDUSTRY, 1995);

De acordo com MILLER et al. (1994), já no terceiro ano a economia proporcionada pelo sistema, levando-se em conta apenas as pessoas que utilizam diretamente o sistema, se torna maior que o gasto com a implantação e manutenção do sistema (Figura 26). E a partir disso os gastos com o sistema passam a ser decrescentes, enquanto que a economia passa a ser crescente.

Figura 26: Economia em Custo de Trabalho Direto

Fonte: MILLER et al., 1994, p.76

- redução do *time to market*: algumas pesquisas com empresas mostram ganhos em até 25% (DEPARTMENT OF TRADE AND INDUSTRY, 1995);

- redução do número de alteração de engenharia (ECO) em até 80% (CARROL, 1996);
- respostas rápidas aos requisitos do cliente (MILLER et al.,1994);
- otimização do uso dos recursos computacionais (MILLER et al.,1994).

A revisão bibliográfica (Capítulos 2 e 3) tem como objetivo principal formar uma base de conhecimentos para o desenvolvimento do trabalho. Esta base é de fundamental importância para parte prática do trabalho, cuja descrição e resultados são mostrados a seguir.

4. CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE PESQUISADO EM RELAÇÃO À ENGENHARIA SIMULTÂNEA

Neste capítulo é descrito o processo de escolha do ambiente pesquisado, conforme item 1.6.5. São apresentadas também as características da empresa e também a caracterização do ambiente de desenvolvimento de um produto da empresa em relação à engenharia simultânea (conforme itens 1.6.4, 1.6.6 e 1.6.7 das etapas gerais do trabalho).

4.1. ESCOLHA DO CASO

A escolha do caso é realizada em paralelo com o desenvolvimento do questionário e dos roteiros de entrevista, atividades descritas no item 1.6.

Para se escolher a empresa a ser estudada, foram realizadas visitas a várias empresas fornecedoras de sistemas PDM, congressos ligados ao tema e possíveis empresas usuárias. Durante estas visitas, foi constatado que apesar do crescimento do mercado mundial de sistemas PDM (Item 3.4), poucas empresas no Brasil implantaram ou estão implantando este tipo de sistema.

Também se verificou que várias empresas estão em processo de escolha de um sistema PDM, existindo também as empresas que estão esperando que outras empresas do setor implantem antes este tipo de sistema para que possam analisar os benefícios e as dificuldade desta implantação.

A empresa escolhida foi pré-selecionada devido ao fato de estar implantando um sistema PDM, por ser uma das poucas montadoras que está desenvolvendo

produtos no Brasil e também porque em algumas entrevistas não estruturadas, a pessoas envolvidas no desenvolvimento de produtos, foi detectada a possibilidade de o ambiente de desenvolvimento utilizar a filosofia de ES. A caracterização do grau de utilização de ES, requisito básico para o desenvolvimento do trabalho, é descrito no item 4.3. É apresentado a seguir os dados gerais da empresa e do ambiente de desenvolvimento.

4.2. DADOS GERAIS DA EMPRESA E DO AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Os dados apresentados aqui foram levantados através da coleta de dados com o departamento de marketing e através de dados obtidos com os membros do time de desenvolvimento.

A empresa faz parte de um grande grupo multinacional com presença em vários países, sendo o desenvolvimento e a fabricação de caminhões apenas um dos negócios da empresa.

No Brasil, onde ela atua desde 1956, existem cerca de 10.000 funcionários produzindo desde caminhões leves até os extra pesados, além de chassis para ônibus. Os veículos produzidos dão à empresa boa parte do mercado nacional de caminhões, sendo que em alguns segmentos ela é líder de mercado.

A forma com que o processo de desenvolvimento do produto ocorre é nova dentro da empresa em termo de organização, utilizando a abordagem de times multifuncionais e de uma estrutura organizacional similar a “estrutura de time de execução de projetos” (Item 2.3.1.1).

O desenvolvimento de produtos é realizado por cerca de 70 pessoas que trabalham direta ou indiretamente no desenvolvimento de produtos. Muitas das informações relativas a este processo são confidenciais, pois o produto ainda está em desenvolvimento. A caracterização do ambiente do ponto de vista da ES é apresentada a seguir.

4.3. CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE EM RELAÇÃO AO GRAU DE UTILIZAÇÃO DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA

4.3.1. A Pesquisa Realizada

O questionário utilizado para esta caracterização foi retirado da metodologia criada por CARTER & BAKER (1992), cujo principal objetivo é auxiliar, através do uso de tecnologias, ferramentas, tarefas e habilidades das pessoas no balanceamento das quatro dimensões da engenharia simultânea (Item 2.3.2) em um ambiente de desenvolvimento de um produto.

Esta metodologia é composta de quatro partes (CARTER & BAKER, 1992):

- **questionário de avaliação da empresa:** auxilia na determinação do estado atual do ambiente de desenvolvimento de produtos da empresa em relação às quatro dimensões da engenharia simultânea (CARTER & BAKER 1992);
- **matriz dos métodos:** auxilia na determinação, dimensão por dimensão e abordagem por abordagem, dos métodos de ES que a empresa necessita para desenvolver um produto específico com sucesso. É a visão de ES que a empresa deveria possuir (tanto o questionário de avaliação quanto a matriz dos métodos se encontram no Anexo 1 deste trabalho);
- **mapa das dimensões:** auxilia na determinação das variações entre onde a empresa está e onde ela deveria estar com relação a cada dimensão da ES. Este mapa ilustra o que é necessário para implementar as dimensões de maneira balanceada (CARTER & BAKER 1992);
- **guia de prioridades:** auxilia na determinação de prioridades para balancear as dimensões da ES na empresa (CARTER & BAKER 1992).

Como o objetivo é caracterizar o grau de utilização da engenharia simultânea no ambiente onde é realizado o estudo de caso, são utilizados neste trabalho as três primeiras partes da metodologia, que são responsáveis por esta caracterização.

Através do **questionário de avaliação da empresa** (Anexo 1) procura-se avaliar o nível de utilização das várias dimensões da ES: dimensão da organização, da infra-estrutura da comunicação, dos requisitos do produto e do desenvolvimento de produtos. Mais detalhes de cada uma destas dimensões são fornecidas no item 2.3.2.

O objetivo de cada parte do questionário é apresentado no início de cada tópico no questionário que se encontra no Anexo 1.

A **matriz dos métodos** (Anexo 1) ajuda a avaliar qual deve ser o nível de utilização das dimensões (chamadas de abordagens) para conseguir todos os benefícios da ES. Cada uma das quatro abordagens possíveis são apresentadas a seguir:

- abordagem por tarefa: aplicado quando o produto possui uma unidade principal e requer somente poucas pessoas para desenvolvê-lo;
- abordagem por projeto: aplicado a produtos que possuem mais componentes e requerem um grupo de pessoas que possuam o mesmo conhecimento de uma disciplina de engenharia, um time “disciplinar”;
- abordagem por programa: se o produto requer várias disciplinas de engenharia para o desenvolvimento de seus componentes, cada conjunto pode necessitar de seu próprio time. Os representantes desses times de projeto podem formar um time multidisciplinar para gerenciar todo o processo de desenvolvimento e promover a comunicação entre as diferentes disciplinas;
- abordagem por toda a empresa: aplicado a produtos complexos que requerem vários times multifuncionais, que podem incluir fornecedores de peças.

É importante frisar que para implementar, por exemplo, a abordagem por programa, deve-se implementar antes a abordagem por tarefa e por projeto.

O mapa das dimensões, assim como o resultado dos questionários, é apresentados a seguir.

4.3.2. Aplicação da Metodologia e Resultados

Os questionários foram distribuídos a 30 membros do time multifuncional de desenvolvimento de produtos, este número corresponde a aproximadamente a 40% do total de pessoas que trabalham na atual fase de desenvolvimento. Do total de questionários enviados foram respondidos um total de 22 questionários, o que corresponde a 73% dos questionários enviados.

As pessoas foram escolhidas de forma a refletir o ambiente de desenvolvimento de produtos da maneira mais próxima à realidade possível. Procurou-se entregar o questionário a pessoas com os mais variados cargos dentro da empresa (possuindo portanto diferentes visões do processo).

Os resultados do questionário de avaliação da empresa e da matriz dos métodos foram tabulados (Anexo 3) e a seguir colocados no gráfico chamado de mapa das dimensões.

A criação deste gráfico é a terceira fase da metodologia de CARTER & BAKER (1992), e o seu objetivo é facilitar a visualização de onde a empresa está agora e onde ela deveria estar em relação à engenharia simultânea.

O mapa das dimensões (Figura 27) possui quatro quadrantes representando as quatro dimensões da ES, que são divididos de acordo com os fatores-chave para cada dimensão. Os quatro anéis concêntricos representam as quatro diferentes abordagens de ES (abordagem por tarefa, por projeto, por programa ou por toda a empresa). Os números nos anéis se referem às questões no questionário de avaliação da empresa (Anexo 1), e são distribuídos de acordo com os fatores-chave e abordagens correspondentes (CARTER & BAKER, 1992).

Figura 27: Mapa das Dimensões

Fonte: Carter & Baker, 1992, p. 88

Para preencher o mapa das dimensões são realizados os seguintes passos:

- a) Transferência das respostas positivas (**S**) do resultado do questionário de avaliação da empresa para o mapa de dimensões, preenchendo os pontos em branco do número da questão correspondente⁴ (pontos em vermelho na Figura 28).

Neste caso foram consideradas as respostas positivas aquelas cujas somas de respostas positivas, dos questionários, foram maiores que as negativas⁵. Algumas questões, nas quais a soma das respostas positivas

⁴ As respostas de todos os questionários se encontram em tabelas no Anexo3.

⁵ Resultados em destaque no Anexo 3.

foi a mesmo que a das respostas negativas, foram consideradas em branco e não foi preenchido o ponto correspondente.

Figura 28: Mapa das Dimensões com Transferência das Respostas Positivas

- b) Conexão dos pontos em vermelhos mais externos de cada fileira (Figura 29).

Figura 29: Mapa das Dimensões – Situação Atual

- c) De acordo com o resultado obtido a partir dos dados obtidos com a aplicação da matriz dos métodos (Anexo 3), a empresa necessita da abordagem por toda a empresa.

É desenhado então uma elipse azul sobre o anel que corresponde à abordagem que o produto necessita (Figura 30).

Figura 30: Mapa das Dimensões – Situação Atual x Situação Ideal I

Comparando-se os dados obtidos com o questionário de avaliação da empresa (linha vermelha - Figura 30) com a abordagem de ES necessária para o desenvolvimento de produto estudado (elipse azul - Figura 30), pode-se notar as diferenças entre onde a empresa está com relação à ES e onde ela deveria estar, com um ambiente de ES completamente implementado.

Na região onde a linha vermelha está sobre a elipse azul, os fatores-chave já possuem os recursos e processos necessários de ES para a abordagem por toda a empresa. Mas nas regiões onde a linha vermelha se encontra dentro da elipse azul, os fatores-chave necessitam de melhorias de recursos e processos. Estes fatores-chave são ditos desbalanceados.

Quanto maior a distância entre as linhas vermelha e azul, maior o desbalanceamento e maior deverá ser o esforço empregado para corrigi-lo. Para melhor se visualizar os desbalanceamentos, a área compreendida entre as linhas foi sombreada em azul. O mapa das dimensões com todos os dados pode ser observado na Figura 31.

Figura 31: Mapa das Dimensões – Situação Atual x Situação Ideal II

A maior parte dos fatores-chave, da qual segundo CARTER & BAKER (1992) são compostas as dimensões da ES, satisfazem as necessidades de recursos e processos requeridos para o desenvolvimento de produtos em questão (Figura 31). Apenas algumas melhorias são necessárias, sendo que o item que merece mais atenção é o fator-chave “treinamento e educação”, cuja situação atual é a que mais se distancia da situação ideal.

Como a maior parte dos fatores-chave são satisfeitos, sendo necessárias melhorias em apenas alguns deles, pode-se afirmar que o ambiente no qual se realiza o estudo de caso pode ser considerado um ambiente de ES, apto portanto para a realização do estudo de caso.

5. A CARACTERIZAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA PDM NO AMBIENTE DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA

Este capítulo apresenta os dados coletados durante a pesquisa de campo. Estes dados foram obtidos a partir de entrevistas a especialistas que atuam na implantação do sistema PDM no ambiente pesquisado e através dos dados obtidos pelo grande contato existente entre ambiente pesquisado e o pesquisador.

5.1. REALIZAÇÃO DA PESQUISA DE CAMPO

As entrevistas foram baseadas no roteiro de entrevista que se encontra no Anexo 2. A princípio, pensou-se em desenvolver dois roteiros de entrevista, um para levantar as características da implantação do sistema e outro para levantar as necessidades de gerenciamento de dados da empresa (Item 2.5). Porém, durante esta fase do trabalho, além do desenvolvimento dos roteiros, houve algumas entrevistas de teste para que estes fossem avaliados. Como *feedback* desta avaliação, optou-se por realizar apenas entrevistas para a caracterização da implantação.

O levantamento das necessidades de gerenciamento de dados e de funcionalidades que as suprem foi realizado através de uma tabela na qual estas duas informações são cruzadas. Foi utilizada esta opção pois as questões levantadas (necessidades de gerenciamento, funcionalidades e quais as funcionalidades que suprem quais necessidades) dependem mais de consulta a material dos entrevistados o que estenderia por demais as entrevistas.

Uma atividade que seguiu em paralelo ao desenvolvimento do roteiro de entrevista foi escolha a das pessoas a serem entrevistadas. O critério para a escolha

foi identificar pessoas que possuem uma visão global da implantação e tem um grande contato com o ambiente na qual o sistemas está sendo implantado.

Antes da entrevista foi realizado uma pequena introdução sobre os objetivos do trabalho e a localização da pesquisa de campo/entrevistas. As entrevistas ocorreram como esperado no Desenvolvimento da Forma de Coleta dos Dados (Item 1.6.4). Entretanto, como já citado anteriormente, o desenvolvimento do produto é um processo que ainda está ocorrendo, fazendo com que muitas informações se tornem confidenciais por parte da empresa e portanto não podendo ser divulgadas.

Além dos dados obtidos com as entrevistas, são utilizados também dados obtidos no dia a dia , devido ao grande contato do pesquisador com o ambiente de implantação. Todos esses dados foram estruturados de maneira cronológica e são apresentados a seguir.

5.2. APRESENTAÇÃO DOS DADOS

São apresentados os dados coletados durante a pesquisa de campo. Estes dados são divididos em decisão da implantação e escolha do sistema, estratégia de implantação e metas, características de sistemas PDM, requisitos de gerenciamento de dados e funcionalidades que os suprem, dificuldades encontradas e benefícios obtidos e situação atual e próximos passos. A seguir cada um desses itens é detalhado.

5.2.1. Decisão da Implantação e Escolha do Sistema

A decisão relativa a implantação do sistema PDM foi uma decisão estratégica da matriz. Além do Brasil ocorrem implantações simultâneas do mesmo sistema em outras empresas do grupo, presente em outros países.

Antes da decisão da implantação de um sistema PDM já eram utilizados outros sistemas de gerenciamento que apresentavam algumas funcionalidades de sistemas PDM. Existiam dois sistemas, um para gerenciar a estrutura de produto, de

configurações e variações desta estrutura e outros sistema para gerenciamento dos dados geométricos gerados em CAD.

Ambos os sistemas eram baseados em *mainframe*, e um dos motivos da substituição é devido ao processo de substituição do *mainframe* por sistemas baseados no paradigma cliente-servidor em todas as empresas do grupo relacionadas a projetos de veículos automotores.

O sistema, que está em fase de implantação, passou por uma fase de escolha na qual cerca de 30 sistemas foram avaliados através de um *benchmarking*. Desses 30 sistemas, foram selecionados 3 para testes mais detalhados dos produtos.

A avaliação final foi realizada através de um “laboratório” de análise, onde os 3 sistemas foram instalados, e envolveu analistas de sistemas, engenheiros da empresa e representantes do fornecedor do sistema.

5.2.2. Estratégia de Implantação e Metas

A implantação do sistema é realizado por uma consultoria “externa” (porém do mesmo grupo) que é responsável pela definição de processos, pela implantação, pelo treinamento e pelo acompanhamento/verificação da utilização dos sistema. Existem hoje nove pessoas envolvidas diretamente na implantação, havendo uma variação, de acordo com o nível de complexidade.

De acordo com os entrevistados, o tipo de implantação realizada é a implantação por projeto. Os responsáveis pela implantação não possuíam o conhecimento da classificação realizada por PIKOSZ (1997) (Item 3.5.1), mas afirmam que de acordo com as características apresentadas, trata-se da implantação por projeto.

As principais características desta implantação são:

- ser um piloto mundial para futuras implantações;
- implantação do sistema PDM em um projeto de desenvolvimento de produtos, causando pouca mudança no restante da empresa;
- implantação por projeto, passando por todos os “níveis de complexidade” (Item 3.5.1);
- criação do “cofre” de dados desde o início do projeto, guardando neste estágio todos os dados da estrutura do produto;
- implantação do sistema PDM visando sua utilização na fase de desenvolvimento e não em todo o ciclo de vida do produto (como citado no Item 3.2).

Conforme PIKOSZ (1997) uma das principais vantagens desta estratégia é a de se obter uma visão de todo o processo de implantação em um projeto e em um período relativamente curto de tempo, antes de se estender o sistema para a empresa inteira. Segundo os entrevistados, o maior ganho por parte da empresa que está instalando o sistema é o ganho de experiência, que vai ser usado em outros projetos de implantação, inclusive na expansão da atual implantação.

Não foram definidas metas para a implantação, mas é esperado uma redução do ciclo de desenvolvimento, que poderá ser medido ao final do projeto. Também não foram definidas métricas de acompanhamento no início do projeto, havendo atualmente uma preocupação com este assunto.

5.2.3. Características do Sistema PDM

O sistema é baseado em um produto comercial, que foi customizado. Estas customizações foram necessárias para se adequar o sistema PDM “base” (Metaphase 2.1) às necessidades da empresa.

Apesar de várias customizações já terem sido realizadas, como a implantação acompanha os estágios do desenvolvimento do produto, muitas das funcionalidade do sistema ainda estão sendo desenvolvidas, pois segundo os entrevistados algumas delas como por exemplo alguns fluxos de trabalho (*workflows*) só serão utilizados daqui a alguns meses ou anos. As características do produto resultante, baseados em critérios do CIMdata (Item 3.3), são apresentadas a seguir.

5.2.3.1. “Cofre” de Dados e Gerenciamento de Documentos

O sistema PDM em implantação utiliza o paradigma de orientação a objeto para a definição e o gerenciamento dos dados do produto (informações da estrutura de produto, arquivos CAD, etc.). O sistema gerencia cada definição do projeto como um objeto através de todo o ciclo de vida do produto. Estes objetos podem ser manipulados pelo sistema, sem que o arquivo original seja alterado. Por exemplo, podem ser gerados várias cópias do objeto “peça 1”, na estrutura do produto, e que possuam ligação apenas com um arquivo de CAD “peça 1”, .

O sistema oferece ainda várias ferramentas para a visualização dos objetos gerenciados, seus atributos e seus relacionamentos. Os usuários podem ainda realizar pesquisas na base de dados utilizando atributos e relacionamentos para localizar os objetos necessários. Os objetos e os relacionamentos são representados de maneira gráfica para facilitar a visualização. Além disso, o sistema gerencia os códigos das peças, que são únicos em todo o mundo.

Os mecanismos de *check-in* e *check-out* são utilizados para as modificações dos dados. Quando um *check-out* é realizado, uma cópia é feita do “cofre” para a área de trabalho e os dados do usuário, estação de trabalho e horário são gravados em um histórico. Com o *check-in* é criada uma nova seqüência do dado para controle.

5.2.3.2. Fluxo de Trabalho e Gerenciamento de Processos

O sistema possui um sistema gerenciador de fluxos de trabalho que permite a programação gráfica de fluxos de trabalho automatizados. Alguns fluxos de trabalho

pré-programados controlam o “congelamento”, revisão e liberação das peças para a produção. Podendo futuramente estar integrado ao gerenciador de mudanças de engenharia.

5.2.3.3. Gerenciamento da Estrutura de Produto

O sistema permite a criação, visualização e manipulação da estrutura do produto de uma maneira gráfica, permitindo a existência de várias “visões” da estrutura de produto (por exemplo: visão de montagem, por zonas espaciais do produto, documentação, função, tarefas, etc.).

5.2.3.4. Classificação e Recuperação

O sistema não utiliza as funcionalidades de classificação e recuperação, apesar do sistema base possuir um “módulo” com essas funcionalidades.

5.2.3.5. Gerenciamento de Projetos

O sistema possui poucos recursos com relação ao gerenciamento de projetos, possibilitando apenas a visualização das tarefas a serem realizadas.

As funções de manipulação dos recursos, e análise do caminho crítico, não são fornecidas pelo sistema.

5.2.3.6. Comunicação e Notificação

O sistema possui a funcionalidade de envio de mensagens automáticas aos usuários, porém atualmente não está sendo utilizada.

5.2.3.7. Transporte de Dados

O sistema trabalha em um ambiente distribuído, com a possibilidade de acesso de dados em todo o mundo. Este transporte de dados pode ser realizado de várias formas, do “cofre” de dados para a área de trabalho do usuário ou de um

“cofre” de dados de um projeto para outro. Existindo também a possibilidade de copiar o dado criando uma ligação com o dado original de modo que sempre que haja uma modificação no dado original a cópia também seja alterada; copiar sem a criação desta ligação; copiar possibilitando apenas a leitura, etc.

Com os fornecedores a troca de dados é realizada por um outro sistema de troca de dados, desenvolvido pela matriz da montadora, que possui uma *interface* com o sistema PDM. A troca de dados é realizada por outro software devido ao fato dos fornecedores não possuírem o sistema PDM instalado em suas empresas.

5.2.3.8. Conversão de Dados

Possui capacidade de conversão de dados para os formatos IGES, STEP e HPGL. Sendo que esta não é uma funcionalidade muito utilizada, pois os dados geométricos se encontram em apenas um formato.

5.2.3.9. Serviços de Visualização e Comentários (markup)

O sistema não possui esta funcionalidade, existindo uma *interface* com um sistema de visualização.

5.2.3.10. Administração

Possui as funções, que funcionam junto ao gerenciador de base de dados, de *backup*, manutenção de usuários, de dados de produtos, e de base de dados. Permitindo ainda um ambiente distribuído do sistema.

5.2.3.11. Interfaces

O sistema possui interfaces com vários sistemas, tais como:

- sistemas CAD: CATIA, AutoCAD, Mentor Graphics e um sistema desenvolvido pela própria empresa;

- suíte de escritório: *MS Office*;

Nestas duas interfaces o sistema PDM incorpora os arquivos no seu “cofre” de dados, utilizando os sistemas geradores do arquivo (sistema CAD, editor de texto, etc.) quando for necessária a modificação ou visualização dos arquivos.

- sistema de ERP desenvolvido pela empresa;
- sistemas de gerenciamento de dados geométricos desenvolvido pela empresa.

5.2.4. Requisitos de Gerenciamento de Dados e Funcionalidades que os Suprem

Não houve nenhum levantamento sistemático de necessidades no início da implantação. Para a obtenção de uma lista de requisitos foi mostrada durante as entrevistas a lista do item 2.5. Segundo os entrevistados as necessidades do ambiente de ES real seriam basicamente as mesmas encontradas na bibliografia, com a adição de algumas (com relação a possibilidade de automação do fluxo de trabalho) e a retirada de outras.

São apresentados a seguir o resultado das entrevistas:

- a) fornecer um método de acesso, para garantir que os dados acessados sejam completos, consistentes e protegidos contra modificações não autorizadas em cada estágio de ciclo de desenvolvimento de produtos;
- b) gerenciar relacionamentos entre os dados, para que se possa saber onde as modificações foram realizadas e quais outros dados foram afetados;
- c) recuperar dados para o desenvolvimento de produtos, para reduzir o *time to market* e reduzir o custo de desenvolvimento;
- d) gerenciar todos os tipos de dados, não só uma pequena porção, que são armazenadas no computador;

- e) possuir gerenciador de arquivos, para que os arquivos de dados possam ser criados e manipulados em uma rede de computadores sem que o usuário tenha que saber onde o arquivo está localizado ou que sintaxe o computador usa;
- f) suportar uma estrutura hierárquica de arquivos e peças;
- g) permitir cópias de segurança dos dados, arquivamento e recuperação dos dados;
- h) utilizar padrões adotados pela empresa (unidades de medida, bordas de desenho, etc.);
- i) suportar controle de revisão e versão dos documentos;
- j) visualizar os documentos em formatos padrões (GIF, processador de texto, CAD, etc.);
- k) compartilhar a base de conhecimento: armazenar o conhecimento de vários projetos existentes na empresa com o intuito de evitar erros já cometidos e estender os acertos para toda linha de produtos;
- l) compartilhar os dados gráficos: desenhos de detalhe, modelos tridimensionais, imagens de representação de análise de engenharia, etc.;
- m) proteger as informações;
- n) cadastrar e relacionar peças e componentes;
- o) localizar onde os componentes são utilizados (*where-used*);
- p) listar quais componentes são utilizados em cada montagem (*composed off*);
- q) gerenciar informações de montagem;
- r) permitir várias visões da estrutura de produto;

- s) possibilitar a localização de componentes semelhantes para serem utilizados em projetos atuais;
- t) possibilitar o “congelamento” dos documentos, impedindo a alteração, em vários estágios do desenvolvimento, para permitir que possam ser examinados;
- u) possibilitar a automação de fluxos de trabalho.

Os requisitos indicados foram colocados em uma tabela e foram cruzados com as funcionalidades do sistema PDM, para que fossem identificados quais as funcionalidades utilizadas para satisfazer cada requisito. O resultado é a apresentado na Tabela 4, mostrada a seguir:

Tabela 4: Funcionalidades x Requisitos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
“Cofre” de dados (<i>vault</i>)	X		X	X	X		X	X			X	X	X						X	X	X
Fluxo de Trabalho (<i>Workflow</i>)									X											X	X
Gerenciamento da estrutura de produto		X	X			X					X			X	X	X	X	X	X		X
Gerenciamento de configuração			X						X		X					X					
Comunicação e notificação											X			X	X	X					X
Transporte de dados				X							X										
Serviços de visualização e <i>markup</i>										X											
Administração								X													

Rogério Omokawa

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
Interfaces				X	X																

Na entrega das tabelas com os resultados, os entrevistados observaram que é importante que as características de cada funcionalidade sejam melhor detalhadas, pois apesar de alguns sistemas possuírem certas funcionalidades, estas não possuem características que satisfaçam os requisitos levantados.

5.2.5. Dificuldades Encontradas e Benefícios Obtidos

São descritos a seguir algumas dificuldades encontradas durante a implantação do sistema e os benefícios obtidos até agora.

5.2.5.1. Infra Estrutura

São as dificuldades encontradas durante a implantação e que poderiam ser identificadas em um estudo detalhado do ambiente de implantação e do sistema.

- incompatibilidade entre os sistemas da matriz (HP) e do Brasil (IBM);
- subdimensionamento do espaço de disco do servidor do sistema;
- falta de suporte ao Wincenter (sistema que emula o ambiente Windows em ambiente UNIX, e que permite o manuseio de arquivos MS-Office nas Workstations).

5.2.5.2. Sistema

São apresentados os problemas quanto ao funcionamento, estabilidade e performance do sistema.

- sistema não supre as necessidades específicas do ambiente, sendo necessário utilização/programação de novas funções;

- baixa performance na manipulação de geometrias CAD e documentos do *MS-Office*;
- falta de indicação de que o sistema está processando algum comando.

5.2.5.3. Usuário

São as dificuldades dos usuários em relação ao sistema

- dificuldade em entender como o sistema funciona;
- visão de que a utilização do sistema é uma atividade a mais com que se preocupar, além das tarefas realizadas com a finalidade de desenvolvimento do produto;
- interface pouco amigável;
- falta de interface para cada tipo de usuário

Algumas destas dificuldades estão sendo resolvidas com a dedicação de uma equipe de suporte, para dúvidas e treinamentos.

5.2.5.4. Comunicação entre o Time de Implantação e o Time de Desenvolvimento

A dificuldade de comunicação entre o time de implantação e o time de desenvolvimento foi citada como um dos principais obstáculos à implantação bem sucedida do sistema. Algumas características desse problema são:

- time de implantação que possui pouco poder de decisão em novas customizações do sistema, dificultando a implementação de novas características que supram as necessidades levantadas junto ao usuário;
- falta de documentação de todas as customizações realizadas;
- falta de um planejamento da implantação bem definido;
- desenvolvimento do sistema ao mesmo tempo em que ocorre a implantação;

- falta da definição de metas e de métricas para acompanhar a evolução dos trabalhos.

Grande parte das dificuldades encontradas foram resolvidas. Algumas delas como: o problema de comunicação com o time de desenvolvimento e o pouco peso da opinião do time de implantação na customização do sistema, faz com que alguns requisitos levantados ao longo do processo de implantação sejam atendidos.

Esta situação traz como principais consequências a necessidade de se desenvolver soluções locais que possam futuramente ter que ser substituídos por outras soluções propostas pelo grupo de desenvolvimento.

5.2.5.5. Vantagens

As vantagens com a implantação do sistema são:

- gerenciamento de geometrias CAD com melhor controle de acesso e *status* que o sistema anterior;
- gerenciamento de toda a estrutura do produto;
- armazenamento central dos dados geométricos;
- acesso rápido e fácil aos dados geométricos;
- atualizações dos dados em tempo real;
- possibilidade de reutilização das peças.

Estas são as vantagens identificadas até agora, pois uma análise quantitativa das vantagens só pode ser realizada ao final da implantação do sistema.

5.2.6. Situação Atual e Próximos Passos

Algumas funcionalidades básicas do sistema (“cofre” de dados, gerenciador da estrutura de produto, interfaces com sistemas da empresa e alguns fluxos de

trabalho) se encontram implantadas. Além disso, foram desenvolvidos alguns sistemas para complementar as funcionalidades do sistema para atender a requisitos do usuário, como por exemplo um sistema para o controle de efetividade de peças para os protótipos (qual revisão de peça vai em qual protótipo).

Atualmente também tem se estudado formas de se melhorar a comunicação entre os times de desenvolvimento e de implantação, para que novas funcionalidades sejam incorporadas ao sistema. Também estão sendo realizados testes para a melhora de performance do sistema.

Como próximos passos espera-se aumentar o número de funcionalidades em uso, e expandir a implantação a outras áreas da empresa.

6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho consiste de uma pesquisa descritiva na qual necessidades de gerenciamento de dados em um ambiente de ES real são levantadas e comparadas com as encontradas na bibliografia. São analisadas também funcionalidades de sistema PDM que supram a necessidades do caso real. Além disso, são apresentadas as características principais do processo de implantação, em estágio inicial, de um sistema PDM.

Todas as etapas propostas no início deste trabalho, desde a revisão geral da bibliografia até a análise e apresentação dos dados (item 1.6), foram realizados com êxito, alcançando os objetivos (item 1.2), propostos inicialmente para o desenvolvimento deste trabalho.

A pesquisa bibliográfica foi uma importante forma de obtenção de dados, que foram utilizados no decorrer de todo o trabalho. Durante a realização desta pesquisa foram levantadas várias informações sobre o desenvolvimento de produtos e a engenharia simultânea (Capítulo 2). Dentre estes dados se destacam as classificações dos elementos de suporte de ES segundo SYAN (1994) e CARTER & BAKER (1992) (item 2.3).

A classificação e a metodologia proposta por CARTER & BAKER (1992) foi utilizada durante o trabalho prático com a finalidade de caracterizar o ambiente de desenvolvimento de produtos em relação à utilização de elementos da ES.

Segundo os resultados da aplicação desta metodologia, o ambiente de desenvolvimento de produtos pesquisado pode ser considerado um ambiente de ES,

sendo necessárias algumas melhorias para que se utilize todos os recursos e processos de ES para o desenvolvimento do produto em questão (Capítulo 4).

Este trabalho está servindo de base para um estudo de modificação da forma de treinamento, esta modificação está sendo realizada devido aos resultados obtidos na Caracterização do Ambiente em Relação ao Grau de Utilização de Engenharia Simultânea (item 4.3).

Durante a pesquisa bibliográfica também foram levantados dados de sistemas PDM, tais como: histórico de desenvolvimento, funcionalidades, mercado, estratégias de implantação e benefícios obtidos (Capítulo 3). Através desta pesquisa, constatou-se que o mercado de sistemas PDM é um mercado em crescimento em todo o mundo (item 3.4), e que vários ganhos são obtidos com a implantação desses sistemas, tais como a diminuição do tempo de desenvolvimento, a diminuição das mudanças de engenharia e a diminuição dos custos de desenvolvimento, havendo porém poucas publicações a respeito da implantação destes sistemas.

O estudo de caso, realizado durante a implantação de um sistema PDM em uma montadora de veículos pesados, esta implantação não é muito comum no Brasil, pois poucas empresas já implantaram ou estão implantando um sistema PDM. Este estudo foi baseado em entrevistas a consultores e a pessoas de suporte e treinamento que estão participando do processo de implantação.

Durante a coleta de dados foram pesquisados os requisitos de gerenciamento de dados, as funcionalidades que são utilizadas para supri-los e as características do sistema. Além das dificuldades encontradas e de algumas melhorias ocorridas antes do término da implantação.

O sistema em implantação foi escolhido e suas funcionalidades foram customizadas (item 5.2.3) para ser utilizado de maneira distribuída por várias filiais do grupo espalhadas pelo mundo.

Para a implantação no Brasil não foi realizado nenhum levantamento inicial de necessidades locais, sendo que própria iniciativa de implantação foi tomada pela matriz, não partindo portanto de uma necessidade da filial brasileira.

A falta deste levantamento de necessidades locais leva à programação de funções específicas para a filial brasileira. Estas customizações dos sistemas são realizadas exclusivamente pela matriz, sendo este um processo lento, devido às dificuldades de comunicação e dos testes que necessitam ser realizados antes de se colocar uma funcionalidade em produção.

Existe assim uma dificuldade de se atender aos requisitos detectados durante a implantação do sistema. Para suprir as necessidades mais importantes tais como o gerenciamento de efetividade das peças (ainda não disponível no sistema) e de ordens de alteração de engenharia (ECO – *engineering change order*), foram desenvolvidas soluções temporárias com outros sistemas, pela empresa de consultoria.

Foram levantadas através de entrevistas as necessidades de gerenciamento de dados em um ambiente de ES. Como não houve nenhum levantamento sistemático anterior, o levantamento das necessidades através da pesquisa bibliográfica foi utilizado como base da entrevista. Segundo os entrevistados, as necessidades do ambiente de ES real seriam basicamente as mesmas das encontradas na bibliografia, com a adição de algumas (com relação a possibilidade de automação do fluxo de trabalho) e a retirada de outras (item 5.2.4).

Estas necessidades foram então colocadas em uma tabela, juntamente com as funcionalidades do sistema para que fossem identificados quais dessas funcionalidades seriam utilizadas para satisfazê-las (Tabela 4).

Com relação à caracterização da implantação, as principais dificuldades encontradas foram em relação à infra-estrutura, causado principalmente pela falta de uma análise preliminar do ambiente onde é realizada a implantação (com o mapeamento dos sistemas envolvidos, infra-estrutura de *hardware* e *software*, etc.) e quanto a problemas de comunicação entre o time de implantação do Brasil e o time de desenvolvimento que está em outro país.

Vários destes problemas estão sendo “atacados” de maneira sistemática através da criação de “forças tarefa” que têm objetivos bem definidos, como por exemplo a realização de testes para detectar as causas da baixa performance.

Estão sendo aplicados durante a implantação vários conceitos (ECM, BOM, gerenciamento de dados, fluxo de trabalho, etc.), havendo vários ganhos de conhecimento. Além da própria implantação, que tem sido uma experiência muito rica para o ganho de experiência.

Por parte da consultoria, de conceitos que acompanham o sistema PDM (ECM, BOM, gerenciamento de dados, fluxo de trabalho, etc.), além da própria implantação, tem sido uma experiência muito rica para o ganho de experiência.

Não foi possível neste trabalho nenhuma medida quantitativa dos ganhos da empresa com a implantação do sistema, pois esta se encontra em um estágio inicial. Além disso, nem todos os ganhos e necessidades podem ser inteiramente conhecidos ainda, pois novas necessidades podem surgir assim como novas funcionalidades podem ser implementadas no decorrer da implantação.

TRABALHOS FUTUROS

Como se trata de um estudo de caso, as informações retratam uma empresa de um setor específico com suas próprias características. Sendo assim, os dados obtidos não podem ser generalizados. Porém, este trabalho pode auxiliar no levantamento dos requisitos do ambiente de implantação e na escolha do sistema, além de poder contribuir na própria implantação do sistema, através da descrição das dificuldades encontradas e das vantagens obtidas, procurando-se assim evitar os erros e maximizar os aspectos positivos.

Além disso, este trabalho também pode servir de base para outros trabalhos que procuram estudar a implantação de sistemas PDM. Um exemplo de continuidade do trabalho poderia envolver o mesmo ambiente onde foi realizado o estudo de caso, definindo métricas e medindo-se as melhorias conseguidas ao final da implantação.

Pode-se ainda estudar a influência das características de cada funcionalidade na satisfação dos requisitos levantados, assim como na implantação como um todo.

ANEXOS

ANEXO 1: QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE UTILIZAÇÃO DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA

QUESTIONÁRIO DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA

Todas as respostas obtidas neste questionário auxiliarão em um trabalho de mestrado, cujo objetivo é obter informações sobre o uso da engenharia simultânea em projetos da empresa. Tanto o nome da empresa como os nomes das pessoas não serão divulgados.

Este questionário é baseado nas quatro dimensões da engenharia simultânea (organização, infra estrutura de comunicação, requisitos e desenvolvimento de produto). As perguntas são feitas de acordo com cada dimensão e, dentro destas, elas se dividem em questões cada vez mais específicas (dentro dos chamados fatores-chave), tentando englobar todas as abordagens do ambiente da empresa.

Para se responder este questionário, deve-se focalizar no ambiente de desenvolvimento do produto X. Para que essa avaliação seja realmente útil, deve-se responder às questões de modo que as mesmas relatem como está o ambiente de desenvolvimento de produtos atual da empresa, e não de acordo com planos que se tem em mente.

PARTE I

Responda cada questão (sim **S** ou não **N**) da melhor maneira possível. Responda sim apenas se sua empresa tem implementada a ação perguntada pela questão adequadamente. Responda todas as questões, a menos que você não conheça a resposta ou se a pergunta não é relevante ao seu produto.

DIMENSÃO: ORGANIZAÇÃO

Essa parte do questionário explora as características da empresa, no presente momento, em termos de fatores da dimensão Organização no ambiente de engenharia simultânea.

Integração dos times

Os empregados, individualmente, e os times de trabalho entendem seus papéis e tarefas no contexto de todo o processo de desenvolvimento de produtos.

S	N	1. As especificações e as prioridades para as tarefas designadas são entendidas pelas pessoas?
S	N	2. O processo de desenvolvimento de produtos é entendido por cada time disciplinar?
S	N	3. Há um vocabulário comum, prioridades e propósitos estabelecidos para o time multidisciplinar de desenvolvimento de produtos?
S	N	4. Os requisitos, especificações, interdependências e prioridades dos produtos são entendidos pelo time da empresa (incluindo consumidores e fornecedores)?

Empowerment

Os níveis de autoridade e responsabilidade que coexistem dentro da empresa possuem um papel significativo em sua produtividade, e tanto as pessoas quanto os times são premiados .

S	N	5. As decisões de projeto são realizadas por supervisores e gerentes?
S	N	6. As decisões de projeto são realizadas pelo time disciplinar?
S	N	7. As decisões de projeto e relações de benefício são realizadas pelo time multidisciplinar?
S	N	8. Os representantes do time da empresa participam de suas decisões (incluindo fornecedores e consumidores)?
S	N	9. As pessoas são responsáveis pela padronização do projeto, completando suas tarefas em tempo e tendo responsabilidade pelos resultados de suas tarefas?
S	N	10. Um time disciplinar é responsável pelo desenvolvimento das especificações de engenharia e pela sua correlação com as especificações interdependentes?
S	N	11. Um time multidisciplinar é responsável pelo amplo programa de especificações, programação e correlação dos requisitos?
S	N	12. Um time da empresa (incluindo fornecedores e consumidores) é responsável pelo sistema de especificações do projeto?
S	N	13. A empresa premia as pessoas, individualmente, pelas contribuições destas?
S	N	14. A empresa premia os times pelas suas contribuições destes?

Treinamento e educação

Os gerentes fornecem suporte de treinamento e educação apropriados para cada pessoa e times. O treinamento inclui efetivamente como solucionar problemas, atingir metas, pensar com criatividade, usar padrões, utilizar especialistas e trabalhar com outras disciplinas.

S	N	15. O treinamento fornecido é adequado para cada pessoa nos procedimentos, ferramentas e padrões que ela utiliza?
S	N	16. O time disciplinar tem consciência de outras disciplinas , considerando os procedimentos, ferramentas e padrões?
S	N	17. Um treinamento adequado é fornecido para os membros do time multidisciplinar?
S	N	18. Um treinamento adequado é dado aos membros do time da empresa (incluindo fornecedores e consumidores)?

Suporte de automação

Gerentes garantem que as ferramentas necessárias estejam disponíveis. Essas ferramentas devem ser integradas e devem fornecer acesso aos dados do produto.

S	N	19. As ferramentas de cada disciplina são fornecidas como ferramentas <i>stand-alone</i> ?
S	N	20. Ferramentas centralizadas são fornecidas para o time disciplinar?
S	N	21. As ferramentas de trabalho de cada pessoa são integradas com o restante do time multidisciplinar?

- S** **N** 22. As ferramentas de trabalho de cada pessoa são integradas com o time da empresa (incluindo alguns fornecedores e assistência técnica, sendo disponíveis “*on –line*”)?

DIMENSÃO: INFRA-ESTRUTURA DE COMUNICAÇÃO

Esta parte do questionário explora onde a empresa se situa em termos de fatores-chave que caracterizam a dimensão infra-estrutura de comunicação no ambiente de engenharia simultânea.

Gerenciamento do produto

Modelos de comunicação efetiva são cruciais ao gerenciamento do produto e tanto as pessoas quanto os times devem entender e monitorar suas metas e seus papéis, ajudar a planejar o processo de desenvolvimento de produtos, melhorando-o tanto quanto necessário.

S	N	23. As funcionalidades de correio eletrônico estão disponíveis para cada pessoa?
S	N	24. As funcionalidades de procura e de relatórios on-line estão disponíveis para todas as pessoas?
S	N	25. Os visualizadores <i>on-line</i> dados de produtos estão disponíveis para todas as pessoas?
S	N	26. Os suportes de decisão estão disponíveis para todas as pessoas?
S	N	27. As revisões técnicas e as inspeções são conduzidas de maneira apropriada?
S	N	28. O gerenciamento do produtos disciplinado e consistente é usado para esforços de projeto?
S	N	29. Há uma comunicação entre todos os aspectos do gerenciamento do projeto e requisitos do sistema?
S	N	30. Os gerentes e os times de projeto interdependentes são automaticamente e simultaneamente informados dos problemas e de seu <i>status</i> ?

Dados sobre o produto

Os dados do produto são completos e precisos todo o tempo, e pessoas e times podem acessá-los, manipulá-los e mudá-los quando apropriado.

S	N	31. Os dados de desenvolvimento de produtos são controlados por cada pessoa?
S	N	32. As pessoas do time disciplinar possuem acesso a todos os dados do desenvolvimento de produtos relatados à sua disciplina?
S	N	33. As pessoas possuem acesso eletrônico aos dados do desenvolvimento de produtos relatados às diferentes disciplinas envolvidas no desenvolvimento de produtos?
S	N	34. As pessoas e os times possuem acesso eletrônico aos dados de desenvolvimento de produto de toda a empresa, que incluem dados dos consumidores e fornecedores?
S	N	35. Durante o processo de desenvolvimento, as especificações do produto e projetos são utilizadas e documentadas de uma maneira preestabelecida?
S	N	36. Os dados de desenvolvimento de produtos são armazenados, controlados, alterados e revisados em uma base de dados comum a todos?
S	N	37. Os dados na base de dados de desenvolvimento de produtos é operável entre as várias ferramentas de projeto?
S	N	38. Os dados de desenvolvimento, especificações e requisitos do produto envolvidos estão sob o controle automático de alterações e versões?

Feedback

O feedback mantém o processo de desenvolvimento de produto sob controle e permite que as pessoas e os times manuseiem as divergências quanto as expectativas do consumidor, as especificações do produto, aos padrões industriais e a outros requisitos. O feedback da revisão e inspeção gera ações corretivas, assim como sugestões para melhorar o produto.

S	N	39. Os problemas são analisados através de suas causas de origem e então corrigidos?
S	N	40. Os problemas são reportados, priorizados, programados para correção (ou rejeição) e acompanhados até que sejam corrigidos?
S	N	41. As ações corretivas, relatórios de problemas e solicitações de melhoria são guardados em uma base de dados e então usados como indicadores para satisfação do consumidor?
S	N	42. As tendências das ações corretivas, relatórios de problemas, solicitações de melhoria e outras decisões são analisados para melhora contínua do processo de desenvolvimento de produtos?

DIMENSÃO: REQUISITOS

Esta parte do questionário explora os fatores-chave que caracterizam a dimensão dos requisitos num ambiente da engenharia simultânea.

Definição dos requisitos

Uma empresa converte as necessidades do cliente em definições de especificações e projetos de produto. Em todo estágio deste desenvolvimento, pessoas, times e gerentes podem checar se os requisitos, as especificações e os projetos atendem as necessidades do consumidor.

S	N	43. As expectativas do consumidor são determinadas e convertidas para requisitos documentados do cliente ou de marketing?
S	N	44. Os requisitos dos consumidores ou de marketing são divididos em especificações funcionais documentadas?
S	N	45. Pode-se rastrear cada especificação funcional em relação aos requisitos do consumidor ou de marketing que a geraram?
S	N	46. O time da empresa pode acessar os requisitos dos consumidores ou de marketing como parte do suporte de decisão?
S	N	47. As expectativas internas obrigatórias são determinadas e convertidas em requisitos documentados do ciclo de vida do produto?
S	N	48. Os requisitos internos são divididos em especificações documentadas do ciclo de vida do produto?
S	N	49. Pode-se rastrear cada especificação funcional em relação aos requisitos do ciclo de vida dos produtos que a geraram?
S	N	50. O time da empresa pode acessar os requisitos do ciclo de vida dos produtos, como parte do suporte de decisões?

Metodologia de planejamento

Os métodos de planejamento, avaliação e projeto de produtos podem ocorrer de forma bottom-up ou top-down. Nesses métodos, deve-se incluir as relações de análise de benefícios e a integração de tarefas e processos de desenvolvimento do produto.

S	N	51. Há um processo <i>bottom-up</i> de projeto, no qual todas as pessoas contribuem para o planejamento, avaliação ou criação de produtos ou especificações funcionais?
S	N	52. Há um processo <i>top-down</i> de projeto no qual requisitos dos consumidores, dos produtos ou dos sistemas conduzem à especificações documentadas para projetos de subsistemas funcionais?
S	N	53. É obrigatório que o time multidisciplinar considere as relações de benefício que podem mudar a tecnologia do produto, arquitetura de projeto ou desenvolvimento para o processo de manufatura?
S	N	54. Os requisitos do produto ou os requisitos do projeto de sistemas conduzem à tarefas e processos interrelacionados?

Perspectiva de planejamento

Quando determina-se o processo de desenvolvimento necessário para um dado produto, a empresa inclui perspectivas de planejamento como parte do processo.

S	N	55. Os documentos individuais de planejamento a curto prazo são prioritários para se iniciar uma tarefa?
S	N	56. A empresa requer documentos de planejamento a longo prazo para o seu produto?
S	N	57. A empresa utiliza fases múltiplas (de vários) anos de métodos de planejamento para cada família de produtos?
S	N	58. A empresa avalia o projeto de produto de “melhor valor” e, relação ao custo, funcionalidade, conformação para uso, segurança, performance e aceitação?

Validação

Os requisitos para o processo de desenvolvimento são validados avaliados para determinar se as especificações estão de acordo com os requisitos do consumidor e se o processo definido permite obter o resultado pretendido.

S	N	59. As especificações de cada subsistema funcional são validadas de acordo com os requisitos do consumidor?
S	N	60. Os requisitos de disciplinas específicas são validados de acordo com os requisitos do consumidor?
S	N	61. Os requisitos do processo e das multidisciplinas são validados em relação aos requisitos do consumidor?

- S** **N** 62. São usados métodos interativos para monitorar e alertar o time da empresa quando ocorre falhas num requisito?

Normas

A empresa documenta e comunica às pessoas e times as convenções, linhas guia, e procedimentos usados para a normalização dos projetos. As normas devem englobar os testes, a manufatura e as necessidades do consumidor.

- S** **N** 63. A empresa possui um mecanismo que monitora o projeto de acordo com as normas aplicáveis?
- S** **N** 64. A empresa utiliza normas de projeto para garantir a segurança dos produtos?
- S** **N** 65. A empresa usa normas de projeto para garantir testes de produtos, manufaturabilidade e aceitabilidade?
- S** **N** 66. A empresa revisa e melhora regularmente as normas de projeto?

DIMENSÃO: DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Esta parte final do questionário explora como a empresa atinge os fatores-chave que caracterizam a dimensão de desenvolvimento de produtos.

Banco de dados dos componentes

Quando um time é parte do processo de desenvolvimento , todos os dados de projeto e os dados de componente estão disponíveis para todas as pessoas.

S	N	67. Cada pessoa é responsável pelo desenvolvimento de seus próprios componentes e catálogo de componentes?
S	N	68. As mesmas normas são usadas por toda a empresa para representar os dados dos componentes?
S	N	69. Há um sistema bibliográfico usado para gerenciar os dados de componentes de todas as diferentes disciplinas envolvidas?
S	N	70. Os dados base do sistema bibliográfico são ligados às ferramentas de decisão para dar assistência a cada projetista ao projetar componentes ou conjuntos?

Processo de projeto

As metodologias e as validações para o processo de projeto são documentadas e medidas

S	N	71. As especificações de processo do projeto são metodicamente documentadas, para que as funções específicas do projeto (sistema, <i>software</i> , <i>hardware</i> ou mecânicas), possuam repetibilidade e sejam consistentes?

-
- S** **N** 72. A análise determinística é usada para medir como estão as funções de produção – por exemplo, simulação lógica para medidas funcionais, simulações de defeitos para determinar a detecção de falhas, simulação análoga para todos os parâmetros e análise de elementos finitos para medidas de tolerâncias mecânicas?
- S** **N** 73. Há avaliações adequadas para o reaproveitamento de tecnologias dos produtos e de suas unidades projetadas?
- S** **N** 74. Há métodos adequados usados para integrar produtos e processos?
- S** **N** 75. As informações são extraídas de projetos físicos para atuar com maior análise de características do produto e sua performance?
- S** **N** 76. São usados métodos de análise para considerar os processo, como por exemplo, custos, testes, segurança, manufaturabilidade, e aceitabilidade no estágio de projeto detalhado ou mesmo no início do conceito do produto?
- S** **N** 77. As ferramentas de desenvolvimento do produto e o ambiente computacional são inter-operáveis para todas as disciplinas?
- S** **N** 78. São utilizados sistemas de suporte de decisão e de gerenciamento de processo?

Otimização

Os gerentes reagem à continuidade da evolução tecnológica

- S** **N** 79. Há metas para a melhoria do produto e do processo?
- S** **N** 80. Grandes decisões de projetos e seus principais fatores são documentados, distribuídos e analisados para guiar outros projetos?

- S** **N** 81. As ferramentas de simulação e modelagem de processos são usadas no planejamento e melhoria dos processos de projeto?
- S** **N** 82. Os projetos de produto, processo de desenvolvimento, requisitos e ferramentas são sempre analisados e continuamente melhorados como parte da estratégia de otimização?
- S** **N** 83. É usado um programa de qualificação de fornecedores, para selecioná-los, quando há necessidade de compra de componentes de produtos ou ferramentas?

PARTE II

Leia as descrições de cada fator-chave, e circule cada descrição cujos métodos **são necessários** para o sucesso do desenvolvimento do produto XX. Você pode circular uma descrição, mais de uma, todas as quatro ou nenhuma delas. Uma observação que pode ajudar em sua escolha é notar que quanto mais complicado é o seu produto, mais descrições você irá circular para cada fator-chave.

DIMENSÃO: ORGANIZAÇÃO				
Fatores Chave	Abordagem por Tarefa	Abordagem por Projeto	Abordagem por Programa	Abordagem por toda a Empresa
Integração dos Times	As pessoas possuem tarefas específicas, com pouca interação entre engenheiros ou entre disciplinas. Os dados são controlados pelas pessoas.	Um time disciplinar tem uma perspectiva de projeto. Os dados não são facilmente acessíveis a outras disciplinas.	Um time multidisciplinar tem uma perspectiva de programa. Os membros do time recebem treinamento para entender melhor outras disciplinas. Os dados são facilmente acessados por outras disciplinas.	Times multidisciplinares têm membros de toda empresa, incluindo gerência, fornecedores, manufatura, vendas, consumidores e serviços.
Empowerment	A gerência seleciona somente uma pessoa para liderar. Pessoas têm responsabilidades. Prêmios são dados às pessoas.	A gerência seleciona um líder para o time disciplinar. As decisões são de responsabilidade do time. Os prêmios são dados ao time disciplinar.	O time multidisciplinar seleciona seu próprio líder. O time tem autoridade para tomar decisões, e os times disciplinares possuem responsabilidade de encaminhá-los. Prêmios são dados ao time multidisciplinar.	Os times multidisciplinares selecionam um líder. Os times possuem autoridade para tomar decisões e tomar conta das disciplinas. Prêmios são dados a todos os times multidisciplinares.

DIMENSÃO: ORGANIZAÇÃO				
Fatores Chave	Abordagem por Tarefa	Abordagem por Projeto	Abordagem por Programa	Abordagem por toda a Empresa
Treinamento e Educação	As pessoas recebem treinamento em especialidades específicas.	As pessoas recebem treinamento em vários procedimentos de disciplinas, ferramentas e normas.	O time multidisciplinar recebe treinamento em efetividade de time. Os membros do time pensam holisticamente e usam ferramentas como QFD. Os treinamentos são realizados conforme situação específica.	Os times multidisciplinares recebem treinamento em efetividade de time. Ferramentas interativas de simulação podem ser usadas para ensinar métodos de geração de dados e para forçar exames de procedimentos com diferentes perspectivas.
Suporte de Automação	Ferramentas têm interface com disciplinas verticalmente. Dados são colhidos e guardados para uso futuro. Disciplinas com <i>softwares</i> e <i>hardwares</i> são disponíveis em uma plataforma sozinha. A documentação é criada em sistema <i>desktop</i> .	Ferramentas centralizadas podem acessar dados de um projeto. Os dados são colhidos e disponibilizados para uso. Um time de disciplina pode formar dados de <i>software</i> e <i>hardware</i> .	Ferramentas de multidisciplinas são integradas para cada pessoa através de programas. Dados são colhidos, processados e atualizados imediatamente. Um time pode formar dados de <i>hardware</i> e <i>software</i> . A documentação é integrada dentro do ambiente de desenvolvimento do produto.	Ferramentas de multidisciplinas são integradas para cada pessoa através da empresa. Dados são utilizados para iniciar ações prioritárias para problemas ou procedimentos crescentes. Os times podem compartilhar dados de <i>hardware</i> e <i>software</i> através da empresa. A documentação é integrada dentro de toda a empresa no ambiente de desenvolvimento de produto.

DIMENSÃO: INFRA-ESTRUTURA DE COMUNICAÇÃO				
Fatores Chave	Abordagem por Tarefa	Abordagem por Projeto	Abordagem por Programa	Abordagem por toda a Empresa
Gerenciamento do Produto	<i>E-mail</i> está disponível para cada pessoa. Revisões técnicas e inspeções são conduzidas de maneira apropriada.	Relatórios <i>on-line</i> e capacidade de procura são disponíveis para cada pessoa. Gerência de produto disciplinada e consistente é usada.	Visualizações interativas de dados de produto estão disponíveis para cada pessoa. Projeto do produto e do sistema são conectados.	Suportes de decisões estão disponíveis para cada pessoa. Problemas e seus <i>status</i> são automaticamente reportados.
Dados de Produto	Especificações do produto e projeto são usados e documentados durante o processo de desenvolvimento pelas pessoas.	Dados do desenvolvimento de produtos são armazenados, controlados, alterados e passados para uma base de dados similar ou comum.	Dados de multidisciplinas na base de dados de desenvolvimento de produtos são inter-operáveis entre ferramentas de projeto automáticas.	Dados estão disponíveis por toda empresa. Requisitos, especificações e dados do produto estão sobre o controle de versões e revisões.
Feedback	Problemas são analisados por toda sua rota e então corrigidos.	Relatos de problemas são priorizados e programados, e perseguidos até os problemas serem corrigidos.	Ações corretivas, relatórios de problemas e solicitações de melhoria são armazenados em uma base de dados e então usados como indicadores para a satisfação do cliente.	A tendência das ações corretivas, relatos de problemas, solicitações de melhoria e todas as outras decisões são analisadas para continuamente melhorar o processo de desenvolvimento do produto por toda a empresa.

DIMENSÃO: REQUISITOS				
Fatores Chave	Abordagem por Tarefa	Abordagem por Projeto	Abordagem por Programa	Abordagem por toda a Empresa
Definição de Requisitos	Expectativas do consumidor e expectativas internas são determinadas e convertidas para estabelecer e documentar requisitos.	Requisitos de consumidores ou marketing e requisitos internos são detalhados em especificações funcionais documentadas e especificações do ciclo de vida do produto.	Requisitos multidisciplinares são buscados de especificações funcionais das pessoas, voltando aos requisitos do consumidor ou de marketing e especificações do ciclo de vida do produto.	Times por toda empresa tem acesso <i>on-line</i> aos requisitos do consumidor e de marketing. Requisitos do ciclo de vida do produto são como parte do suporte de decisão.
Metodologia de Planejamento	O processo de projeto é <i>bottom-up</i> . Todas as pessoas contribuem para o planejamento, avaliação ou criação para as especificações funcionais de produto.	O processo do projeto é <i>top-down</i> . O consumidor, o produto, ou os requisitos de projeto de sistemas conduzem às especificações de documentos para o projeto de subsistemas funcionais.	Times multidisciplinares consideram avaliações de benefícios, que podem mudar o projeto de arquitetura da tecnologia do produto ou processo de desenvolvimento à manufatura.	Requisitos do produto e de projeto de sistemas conduzem a tarefas interrelacionadas e a processos.

DIMENSÃO: REQUISITOS				
Fatores Chave	Abordagem por Tarefa	Abordagem por Projeto	Abordagem por Programa	Abordagem por toda a Empresa
Perspectiva de Planejamento	As pessoas documentam planejamentos prioritários a curto prazo para começar uma tarefa.	Um requisito da empresa é documentar o planejamento a longo prazo para cada produto.	Um requisito da empresa é usar fase múltiplas, planejando métodos em todos os anos para cada família de produtos.	Um requisito da empresa é medir o projeto do produto de melhor valor com relação ao custo, funcionalidade, confiabilidade para uso, segurança performance e aceitabilidade.
Validação	Especificações de subsistemas individuais são validados de acordo com os requisitos do consumidor.	Requisitos específicos de disciplinas são validados de acordo com os requisitos do consumidor.	Multidisciplinas e requisitos do processo são avaliados de acordo com os requisitos do consumidor.	Times por todas empresa são automaticamente e simultaneamente alertados quando uma falha no requisito ocorre.
Normas	Concordância aplicada a normas de projeto são monitoradas.	Normas do projetos são usadas para garantir a segurança do produto.	Normas de projeto são usadas para garantir teste de produtos, manufaturabilidade e aceitabilidade.	Normas de projeto são regularmente revisadas e melhoradas continuamente.

DIMENSÃO: DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS				
Fatores Chave	Abordagem por Tarefa	Abordagem por Projeto	Abordagem por Programa	Abordagem por toda a Empresa
Banco de Dados dos Componentes	As pessoas são responsáveis pelo desenvolvimento, controle e manutenção de seus próprios bancos de dados dos componentes. Estes dados são de disciplinas específicas.	A empresa possui normas que são utilizadas para representar os componentes.	Um único sistema de dados é usado para desenvolver, controlar e manter os dados dos componentes, de todas as disciplinas diferentes envolvidas.	O sistemas da base de dados bibliográficos desenvolvido, controlado e mantido por toda a empresa, é ligado a uma ferramenta de suporte de decisão.
Processo de Projeto	Métodos padrões e práticas são documentados e usados para gerenciar projetos e suas atividades, para que esses sejam consistentes. Informações são extraídas de projetos físicos e são usados para analisar performance e características de produtos.	É usada uma análise determinística para medir as funções do produto. Métodos de análises são usados para unir os processos no estágio de conceito ou detalhe do projeto.	A reutilização e o compartilhamento da tecnologia do produto e as unidades de projeto são adequadamente avaliadas. O ambiente computacional e as ferramentas de desenvolvimento do produto são inter-operáveis para todas as disciplinas.	Processos são unidos à fase de conceito ou de detalhamento do projeto. Sistemas de suporte de decisão e processos de gerenciamento são usados por toda a empresa.

DIMENSÃO: DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS				
Fatores Chave	Abordagem por Tarefa	Abordagem por Projeto	Abordagem por Programa	Abordagem por toda a Empresa
Otimização	Metas para melhoria do produto e processo são buscadas.	Grandes decisões de produtos e os fatores que conduzem a eles são documentados, distribuídos e analisados para guiar outros projetos.	Ferramentas de modelagens de processo e de simulação são utilizadas no planejamento e melhoria do processo de projeto.	Projeto de produto, processo de desenvolvimento, requisitos e ferramentas são simultaneamente analisados e continuamente melhoradas como parte da estratégia de otimização da empresa. Programas de qualificação de fornecedores são usados para selecioná-los.

ANEXO 2: ROTEIRO DE ENTREVISTA PARA A CARACTERIZAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

DADOS DE UMA “PRÉ-ENTREVISTA” (COM O PRIMEIRO ENTREVISTADO)

1. DADOS DA EMPRESA

1.1. Nome

1.2. Local

1.3. Ano de instalação da empresa

1.4. Número de funcionários

1.5. Qual a estimativa (em %) sobre sua participação nos seguintes mercados:

Mercado de veículos pesados no Brasil:

Mercado de veículos pesados fora do Brasil:

Qual o mercado mais importante para a empresa? Porquê?

2. CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO PRINCIPAL

2.1. Qual a linha de produtos atual da empresa?

2.2. Qual o produto principal? Quais suas características?

3. DADOS DO AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO

3.1. Quais as características do produto desenvolvido?

3.2. Qual o número de pessoas que trabalham no projeto? E qual a composição do time de desenvolvimento?

3.3. Qual o cronograma de desenvolvimento?

4. DADOS DO SISTEMA

- 4.1. Quem é o fornecedor do sistema?
- 4.2. Quais as necessidades de *hardware* e *software* do sistema (arquitetura, tipo de servidor/cliente, sistema operacional, base de dados)?
- 4.3. De acordo com a classificação do CIMdata, quais são as funcionalidades do sistema escolhido?
- 4.4. Quais funcionalidades serão utilizadas?
- 4.5. Quais as customizações realizadas no sistema?

DADOS A SEREM COLETADOS COM TODOS OS ENTREVISTADOS

1. REQUISITOS DE GERENCIAMENTO DE DADOS

- 1.1. A empresa já utilizava algum tipo de sistema de gerenciamento de dados de produto? Em caso positivo, qual o motivo da substituição?
- 1.2. Quais os requisitos de gerenciamento de dados de neste ambiente (Comparar com o Item 2.5) ? Quais são os dados a serem gerenciados?

2. ESCOLHA DO SISTEMA

- 2.1. Existiram outras alternativas de sistema? Quais?
- 2.2. Quais os critério de escolha do sistema PDM? E qual o método utilizado (análise de valores, *benchmarking*, entrevistas com fornecedores) ?
- 2.3. Quais as pessoas responsáveis pela escolha do sistema? Qual o critério de escolha dessas pessoas?

3. PLANEJAMENTO DA IMPLANTAÇÃO E METAS

- 3.1. Quais os motivos da implantação do sistema PDM?
- 3.2. Houve envolvimento do usuário no planejamento? Quais as contribuições? Como foram escolhidos (quem, porquê, ...)?
- 3.3. Houve uma programação das atividades (cronograma)? Quais as fases da implantação? Qual a duração?
- 3.4. Qual o tipo de implantação adotado? Qual o motivo desta escolha?
- 3.5. Foi definida uma métrica para o acompanhamento do sistema? Qual?
- 3.6. Foi realizado um estudo de custos? Quais os fatores analisados? Qual o custo da implantação?
- 3.7. Foi realizado uma análise de impacto? Quais os fatores considerados?

- 3.8. Houve envolvimento de níveis superiores?
- 3.9. Foram definidos objetivos/benefícios esperados?
- 3.10. Quais foram os passos realizados para a preparação da implantação do sistema?
- 3.11. Qual o número de pessoas envolvidas na implantação? Quais suas funções?

4. SITUAÇÃO ATUAL

- 4.1. O cronograma proposto está sendo cumprido? Quais fases da implantação foram realizadas até o momento?
- 4.2. É realizado o acompanhamento da utilização do sistema pelo usuário e o seu nível de satisfação quanto às funcionalidades/performance do sistema? Como?
- 4.3. A performance do sistema está dentro do esperado? Em caso negativo, porquê?

5. DIFICULDADES ENCONTRADAS E BENEFÍCIOS OBTIDOS

- 5.1. Quais foram as principais dificuldades encontradas durante a implantação do sistema?
- 5.2. Foram detectados problemas quanto à infra-estrutura (hardware, software, rede, etc.)?
- 5.3. Quais as principais dificuldades encontradas pelo usuário? Quais as medidas para sanar estas dificuldades?
- 5.4. Foram detectados problemas quanto ao funcionamento/performance do sistema? Quais as medidas tomadas para eliminar estes problemas?
- 5.5. Foram detectados problemas quanto ao planejamento de prazos e custos? Quais?

5.6. Quais os benefícios obtidos até agora com a implantação do sistema? Estes benefícios estão de acordo com os benefícios esperados?

ANEXO 3: RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE UTILIZAÇÃO DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA

CARGOS DAS PESSOAS QUE RESPONDERAM AO QUESTIONÁRIO

- a) GPP
- b) Supervisor de compras
- c) Engenheiro de produto
- d) Coordenador de módulo
- e) Engenheiro de produto
- f) Supervisor
- g) Consultor
- h) Engenheiro de manufatura
- i) Fornecedor de peças
- j) Gerente de Informação
- k) Coordenador de módulo
- l) Coordenador de módulo
- m) Consultor
- n) Engenheiro de produto
- o) Engenheiro de produto
- p) Gerente
- q) Consultor especialista
- r) Engenheiro de manufatura
- s) Engenheiro de compras
- t) Engenheiro de compras sênior
- u) Consultor

Tabela 5: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Integração dos Times

Integração dos Times								
Pesquisado	1		2		3		4	
	S	N	S	N	S	N	S	N
a	X		X		X		X	
b		X	X			X		X
c	X		X		X			X
d	X		X		X		X	
e	X		X		X			X
f		X	X		X		X	
g	X		X		X		X	
h	X			X		X	X	
i	X			X	X		X	
j	X		X		X			X
k		X	X		X			X
l	X		X		X		X	
m		X		X		X	X	
n		X		X		X		X
o	X		X		X			X
p	X		X		X		X	
q	X		X		X		X	
r		X	X		X			X
s	X		X			X	X	
t	X		X		X			X
u	X		X			X	X	
Resultado	15	6	17	4	15	6	12	9
Resultado (%)	71	29	81	19	71	29	57	43

Tabela 6: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Autoridade

Autoridade																				
Pesquisado	5		6		7		8		9		10		11		12		13		14	
	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N
a		X	X		X		X		X		X		X		X			X		X
b		X		X	X		X			X	X		X			X	X		X	
c	X		X		X		X		X		X		X		X			X		X
d	X		X			X	X		X		X			X	X			X		X
e	X		X			X		X	X		X			X	X		X			X
f		X		X	X		X		X		X		X			X				
g	X		X		X			X	X		X			X		X		X		X
h		X		X	X		X			X		X	X		X		X		X	
i					X			X		X		X	X					X	X	
j	X			X	X		X					X			X			X		X
k		X		X	X		X			X		X	X		X		X		X	
l		X	X		X		X		X		X		X		X			X		X
m	X			X	X		X		X		X		X		X			X		X
n	X			X		X	X			X		X		X		X	X			X
o	X			X		X	X			X		X	X		X			X		X
p	X			X	X		X		X			X		X	X			X		X
q	X		X			X		X	X		X			X		X	X			X
r	X			X		X		X		X	X		X			X	X		X	
s		X		X				X	X		X			X		X		X		X
t	X			X		X		X	X		X		X			X	X		X	
u	X			X	X		X		X			X	X		X		X		X	
Resultado	13	7	7	13	13	7	14	7	13	7	13	8	13	7	12	8	9	11	7	13
Resultado (%)	65	35	35	65	65	35	67	33	65	35	62	38	65	35	60	40	45	55	35	65

Tabela 7: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Treinamento e Educação

Treinamento e Educação								
Pesquisado	15		16		17		18	
	S	N	S	N	S	N	S	N
a		X		X	X		X	
b	X			X		X		X
c		X	X			X		X
d		X	X			X		X
e		X		X	X		X	
f		X		X		X		X
g	X			X	X		X	
h	X		X			X		X
i	X			X		X		X
j		X		X		X		X
k	X			X		X		X
l	X		X			X		X
m		X		X		X		X
n		X		X		X		X
o	X		X		X		X	
p	X		X		X		X	
q	X			X		X		X
r		X		X		X		X
s	X		X		X		X	
t	X		X		X		X	
u	X			X		X		X
Resultado	12	9	8	13	7	14	7	14
Resultado (%)	57	43	38	62	33	67	33	67

Tabela 8: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Suporte de Automação

Suporte de Automação								
Pesquisado	19		20		21		22	
	S	N	S	N	S	N	S	N
a	X		X			X		X
b		X		X		X		X
c	X		X			X		X
d	X		X		X		X	
e		X	X		X		X	
f		X	X		X		X	
g	X		X			X		X
h	X		X		X			X
i								
j	X		X		X		X	
k								X
l		X	X		X			X
m	X		X			X		X
n		X	X			X	X	
o	X		X		X			X
p	X		X		X		X	
q	X		X			X		X
r	X		X			X		X
s	X		X		X		X	
t		X	X		X		X	
u		X	X		X		X	
Resultado	12	7	18	1	11	8	9	11
Resultado (%)	63	37	95	5	58	42	45	55

Tabela 9: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Gerenciamento do Produto

Gerenciamento do Produto																
Pesquisado	23		24		25		26		27		28		29		30	
	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N
a	X		X		X			X	X		X		X		X	
b	X		X		X			X	X		X		X			X
c		X		X	X		X		X		X			X		X
d	X			X		X	X		X		X			X	X	
e	X		X			X		X	X		X		X		X	
f		X	X			X		X	X		X		X			X
g		X		X	X			X	X		X		X		X	
h				X	X				X			X	X			X
i	X			X		X	X		X			X				X
j	X		X			X	X					X		X		X
k	X			X		X		X		X		X		X		X
l	X		X			X	X		X		X		X		X	
m	X			X		X		X	X		X		X		X	
n	X			X	X			X		X		X		X		X
o		X		X		X		X	X		X			X		X
p	X		X		X		X		X		X		X		X	
q	X		X			X		X	X			X		X		X
r	X		X		X		X		X			X	X		X	
s	X		X		X		X			X	X			X	X	
t	X		X		X		X		X		X		X		X	
u	X		X		X			X	X			X		X		X
Resultado	16	4	12	9	11	10	9	11	17	3	13	8	11	9	10	11
Resultado (%)	80	20	57	43	52	48	45	55	85	15	62	38	55	45	48	52

Tabela 10: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Dados Sobre o Produto

Dados Sobre o Produto																	
Pesquisado	31		32		33		34		35		36		37		38		
	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	
a	X			X		X		X	X		X		X		X		
b	X		X		X		X			X	X			X		X	
c	X			X	X			X	X			X	X		X		
d	X		X		X			X	X		X		X		X		
e		X	X		X			X		X	X			X	X		
f	X		X			X		X	X		X			X	X		
g	X		X		X			X	X			X		X			
h		X	X		X				X							X	
i	X		X		X					X	X					X	
j		X	X		X			X		X		X				X	
k		X	X		X			X		X		X		X		X	
l	X		X			X		X	X		X		X		X		
m	X		X			X		X	X		X			X	X		
n	X		X			X		X		X	X		X			X	
o		X		X		X		X	X			X	X		X		
p	X		X		X		X		X		X		X		X		
q	X		X		X			X	X		X			X	X		
r		X	X		X			X	X		X			X	X		
s	X		X		X		X			X		X		X		X	
t	X		X		X			X	X		X		X		X		
u	X		X		X			X	X		X			X		X	
Resultado	15	6	18	3	15	6	3	16	14	7	14	6	8	10	12	8	
Resultado (%)	71	29	86	14	71	29	16	84	67	33	70	30	44	56	60	40	

Tabela 11: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave *Feedback*

<i>Feedback</i>								
Pesquisado	39		40		41		42	
	S	N	S	N	S	N	S	N
a	X		X		X		X	
b	X		X					
c	X		X			X		X
d	X		X			X	X	
e	X		X			X	X	
f	X						X	
g	X		X				X	
h	X					X		
i	X			X		X		X
j		X						X
k		X		X		X		X
l	X		X			X	X	
m	X		X			X		X
n		X		X		X		X
o	X		X			X	X	
p	X		X		X		X	
q	X		X		X			X
r		X		X		X		X
s	X					X		
t	X		X		X		X	
u		X		X		X	X	
Resultado	16	5	12	5	4	13	10	8
Resultado (%)	76	24	71	29	24	76	56	44

Tabela 12: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Definição de Requisitos

Definição de Requisitos																
Pesquisado	43		44		45		46		47		48		49		50	
	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N
a	X		X			X	X		X		X			X	X	
b																
c	X		X		X		X									
d		X	X		X		X		X		X		X		X	
e	X			X		X	X			X		X		X		X
f	X		X			X	X			X	X			X	X	
g	X		X		X		X		X		X		X		X	
h		X		X		X		X								
i	X		X			X										
j	X		X				X			X		X		X		X
k	X			X	X			X		X		X		X		X
l	X		X		X		X		X		X		X		X	
m		X	X			X	X			X		X		X		X
n	X			X		X		X	X			X		X		X
o	X		X		X		X			X		X		X		X
p	X		X		X		X		X		X		X		X	
q	X		X			X		X								
r	X			X		X		X		X		X		X		X
s		X		X		X			X		X		X		X	
t	X		X		X		X		X		X			X		X
u	X		X			X	X		X		X			X		X
Resultado	16	4	14	6	8	11	13	5	9	7	9	7	5	11	7	9
Resultado (%)	80	20	70	30	42	58	72	28	56	44	56	44	31	69	44	56

Tabela 13: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Metodologia de Planejamento

Metodologia de Planejamento								
Pesquisado	51		52		53		54	
	S	N	S	N	S	N	S	N
a	X			X	X		X	
b								
c	X		X		X		X	
d	X		X		X		X	
e	X		X		X		X	
f					X		X	
g	X		X			X	X	
h					X		X	
i	X		X		X		X	
j							X	
k		X	X		X		X	
l	X		X		X		X	
m	X		X		X		X	
n		X		X		X		
o	X			X	X		X	
p	X		X		X		X	
q		X	X		X		X	
r	X		X		X		X	
s	X			X		X		X
t	X		X		X		X	
u	X		X		X		X	
Resultado	14	3	13	4	16	3	18	1
Resultado (%)	82	18	76	24	84	16	95	5

Tabela 14: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Perspectiva de Planejamento

Perspectiva de Planejamento								
Pesquisado	55		56		57		58	
	S	N	S	N	S	N	S	N
a		X	X		X		X	
b								
c		X	X		X		X	
d		X	X		X		X	
e		X	X		X		X	
f		X	X		X		X	
g	X		X		X		X	
h	X		X		X		X	
i			X		X		X	
j	X		X		X		X	
k		X	X		X			X
l	X		X		X		X	
m			X		X			X
n		X		X	X		X	
o			X		X			
p		X	X		X		X	
q		X	X		X		X	
r	X		X		X		X	
s	X			X	X			X
t	X		X		X		X	
u	X		X			X	X	
Resultado	8	9	17	2	19	1	16	3
Resultado (%)	47	53	89	11	95	5	84	16

Tabela 15: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Validação

Validação								
Pesquisado	59		60		61		62	
	S	N	S	N	S	N	S	N
a	X		X		X		X	
b								
c		X		X		X	X	
d		X	X		X		X	
e	X		X			X		X
f		X	X		X			X
g	X					X	X	
h		X		X		X		
i	X		X		X			X
j	X						X	
k	X		X			X		X
l	X		X		X		X	
m		X		X		X	X	
n	X		X		X			X
o		X		X				
p	X		X		X		X	
q	X		X		X			X
r	X		X		X		X	
s	X			X		X		X
t	X		X		X		X	
u		X	X		X		X	
Resultado	13	7	13	5	11	7	11	7
Resultado (%)	65	35	72	28	61	39	61	39

Tabela 16: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Normas

Normas								
Pesquisado	63		64		65		66	
	S	N	S	N	S	N	S	N
a	X		X		X		X	
b								
c	X			X	X		X	
d	X		X		X		X	
e	X		X		X		X	
f		X	X		X			X
g		X	X		X		X	
h	X		X		X			
i	X		X			X		
j			X		X			
k	X		X			X		X
l	X		X		X		X	
m	X		X			X	X	
n	X		X		X			X
o	X		X		X		X	
p	X		X		X		X	
q		X	X		X		X	
r	X		X		X		X	
s	X		X		X		X	
t	X		X		X		X	
u	X		X		X		X	
Resultado	16	3	19	1	17	3	14	3
Resultado (%)	84	16	95	5	85	15	82	18

Tabela 17: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Banco de Dados dos Componentes

Banco de Dados dos Componentes								
Pesquisado	67		68		69		70	
	S	N	S	N	S	N	S	N
a	X		X			X		X
b								
c	X		X		X			X
d	X		X		X		X	
e	X			X		X		X
f	X			X		X		X
g	X					X		X
h			X		X			
i	X			X	X			X
j	X		X		X		X	
k		X	X			X		X
l	X		X		X		X	
m	X		X		X			X
n	X		X			X		X
o	X							
p	X		X		X		X	
q	X		X			X		X
r	X		X		X		X	
s	X		X		X		X	
t	X		X		X		X	
u	X		X		X			X
Resultado	18	1	15	3	12	7	7	11
Resultado (%)	95	5	83	17	63	37	39	61

Tabela 18: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Processo de Projeto

Processo de Projeto																
Pesquisado	71		72		73		74		75		76		77		78	
	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N
a	X		X		X		X		X		X		X		X	
b																
c	X			X		X	X		X		X		X			X
d	X		X		X		X		X		X			X	X	
e	X		X		X		X			X	X		X		X	
f		X	X		X			X	X		X			X	X	
g		X			X						X				X	
h	X		X		X		X				X		X			
i		X	X			X	X		X		X					
j			X			X		X	X		X		X			X
k	X		X			X		X			X		X		X	
l	X		X		X		X		X		X		X		X	
m		X	X		X			X	X			X		X		X
n		X	X		X		X							X		X
o	X						X		X		X		X		X	
p	X		X		X		X		X		X		X		X	
q	X		X		X			X			X		X			X
r		X		X	X			X	X		X		X		X	
s	X		X		X		X		X		X		X		X	
t	X		X		X		X		X		X		X		X	
u	X		X		X			X	X		X		X		X	
Resultado	13	6	16	2	15	4	12	7	14	1	18	1	14	4	13	5
Resultado (%)	68	32	89	11	79	21	63	37	93	7	95	5	78	22	72	28

Tabela 19: Resultado do Nível Atual do Fator-Chave Otimização

Otimização										
Pesquisado	79		80		81		82		83	
	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N
a	X		X		X		X		X	
b										
c	X			X	X		X		X	
d	X		X		X		X		X	
e	X			X	X			X	X	
f	X			X	X			X	X	
g	X		X		X		X		X	
h							X		X	
i	X			X	X			X	X	
j	X				X					
k	X		X		X		X		X	
l	X		X		X		X		X	
m	X			X	X			X	X	
n	X			X		X			X	
o	X		X				X		X	
p	X		X		X		X		X	
q	X			X	X			X		X
r		X		X	X		X		X	
s	X		X		X			X		X
t	X		X		X		X		X	
u	X		X		X		X		X	
Resultado	17	1	10	8	17	1	12	6	17	2
Resultado (%)	94	6	56	44	94	6	67	33	89	11

Tabela 20: Resultado do Nível Ideal da Dimensão Organização

Dimensão: Organização																
Pesquisado	Integração de times				Autoridade				Treinamento e educação				Suporte de automação			
	a'	b'	c'	d'	a'	b'	c'	d'	a'	b'	c'	d'	a'	b'	c'	d'
a			X	X			X	X		X	X					X
b																
c			X	X			X				X					X
d																
e				X				X				X				X
f																
g																
h			X	X		X		X		X	X				X	
i			X				X			X	X			X		X
j																
k																
l			X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
m				X				X			X				X	X
n			X	X	X			X	X			X				X
o				X				X			X				X	
p																
q		X			X				X					X		
r				X				X	X	X	X	X				X
s	X	X					X	X			X	X				
t	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
u			X			X				X		X				
Resultado	2	3	8	10	3	4	6	10	5	7	10	7	2	4	5	9
Resultado (%)	9	13	35	43	13	17	26	43	17	24	34	24	10	20	25	45

Lengenda

a' - abordagem por tarefa

b' - abordagem por projeto

c' – abordagem por programa

d' – abordagem por toda a empresa

Tabela 21: Resultado do Nível Ideal da Dimensão Infra-Estrutura de Comunicação

Dimensão: Infra-Estrutura de Comunicação												
Pesquisado	Ger. de produto				Dados de produto				Feedback			
	a'	b'	c'	d'	a'	b'	c'	d'	a'	b'	c'	d'
a	X	X			X	X	X		X	X	X	X
b												
c			X				X					X
d												
e				X							X	
f												
g												
h		X		X			X	X	X			X
i	X	X		X			X		X	X	X	X
j												
k												
l	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
m		X	X	X		X	X			X	X	X
n			X	X	X			X	X	X	X	X
o	X					X					X	
p												
q	X					X				X		
r	X				X				X			
s			X							X	X	X
t	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
u			X	X		X		X		X	X	X
Resultado	7	6	7	8	5	7	7	5	7	9	10	10
Resultado (%)	25	21	25	29	21	29	29	21	19	25	28	28

Lengenda

a' - abordagem por tarefa

b' - abordagem por projeto

c' - abordagem por programa

d' - abordagem por toda a empresa

Tabela 22: Resultado do Nível Ideal da Dimensão Requisitos

Dimensão: Requisitos																				
Pesquisado	Definição de requisitos				Metod. de planejamento				Perspectiva de planejamento				Validação				Normas			
	a'	b'	c'	d'	a'	b'	c'	d'	a'	b'	c'	d'	a'	b'	c'	d'	a'	b'	c'	d'
a	X	X	X		X		X			X		X					X	X	X	X
b																				
c				X			X		X		X					X				X
d																				
e		X		X												X	X			
f																				
g																				
h		X		X		X		X	X	X		X	X			X	X		X	X
i		X	X		X	X	X			X	X	X		X	X			X	X	
j																				
k																				
l	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
m	X	X	X	X	X		X	X				X	X	X	X	X				X
n	X			X			X	X	X		X	X	X		X		X	X	X	X
o		X						X	X					X					X	
p																				
q		X			X				X					X				X		
r				X				X				X		X					X	X
s		X		X								X								
t	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
u		X	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Resultado	5	11	6	10	7	4	8	8	7	6	6	10	6	8	6	7	7	7	9	9
Resultado (%)	16	34	19	31	26	15	30	30	24	21	21	34	22	30	22	26	22	22	28	28

Lengenda

a' - abordagem por tarefa

b' - abordagem por projeto

c' - abordagem por programa

d' - abordagem por toda a empresa

Tabela 23: Resultado do Nível Ideal da Dimensão Desenvolvimento de Produtos

Dimensão: Desenvolvimento de Produtos												
Pesquisado	BD de componentes				Processo de projeto				Otimização			
	a'	b'	c'	d'	a'	b'	c'	d'	a'	b'	c'	d'
a	X	X			X	X			X	X		
b												
c	X						X					X
d												
e			X							X		
f												
g												
h	X		X	X		X	X	X	X		X	
i			X	X		X		X				X
j												
k												
l	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
m			X				X	X		X		X
n			X	X	X		X		X	X		X
o			X			X						X
p												
q			X			X			X			
r				X				X				X
s							X	X				X
t	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
u		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Resultado	5	4	10	7	4	8	8	8	7	7	4	10
Resultado (%)	19	15	38	27	14	29	29	29	25	25	14	36

Lengenda

a' - abordagem por tarefa

b' - abordagem por projeto

c' – abordagem por programa

d' – abordagem por toda a empresa

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFSARMANESH, H.; WIEDIJK, M.; MOREIRA, N.P.; FERREIRA, A.C. (1994). Design of a distributed database for a concurrent engineering environment. *RBCM – Journal of Brazilian Society of Mechanical Sciences*. V16, n.3, 298-310.
- AGUIAR, A.F.S. (1995). *Sistemática de seleção de sistemas computacionais para o auxílio às atividades de engenharia*. São Carlos. 139p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- BARRA, R.A. (1994). *On the implementation of systems for realistic visualization of STEP models*. Berlim. Tese (Doutorado) – Universidade Técnica de Berlim.
- CAMARINHA-MATOS, L.M.; OSÓRIO, A.L. (1994). An integrated platform for concurrent engineering. *RBCM – Journal of Brazilian Society of Mechanical Sciences*. v.16, n.3, p.342-355.
- CARROL, B. (1996). Benefits of EDMS/PDM (transparência). Hudson. 69 transparências color.
- CARTER, D.E.; BAKER, B.S. (1992). *Concurrent Engineering – The product development environment for the 1990s*. Massachusetts, Addison – Wesley Publishing Company Inc.
- CHIUSOLI, R.F.Z. (1996). *Engenharia simultânea: estudo de casos na indústria brasileira de autopeças*. São Carlos. 147p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos.

CHRYSLER CORPORATION; FORD MOTORS COMPANY; GENERAL MOTORS CORPORATION. (1995). *Advanced Product Quality Planning (APQP) and Control Plan Reference Manual*, February.

CIMDATA (1996). *Product data management: the definition*. /folder/

CIMDATA (1997). *CIMdata news*: CIMdata reports PDM market grows 31% to reach \$898 million in 1996. .
<http://www.std.com/Newbury/CIMdata/pages/marketservice.htm>. (14 Apr.).

CIMDATA (1998). PDM market tops \$1.1 billion. *Integrated Design and Manufacturing*, p.8, June.

CLARK, K.B.; FUJIMOTO, T. (1991). *Product development performance: strategy, organization and management in the world auto industry*. Boston-Mass., Harvard Business School Press.

CLAUSING, D. (1994). *Total quality development: A step-by-step guide to worldclass concurrent engineering*. 2.ed. New York, ASME Press. p.1-172.

COSTA, C.P. (1994). Desenvolvendo produtos com engenharia simultânea e workgroup computing. *Máquinas e Metais*, p.78-90, dez.

COSTA, H.C.B. (1996). *Banco de dados*. São Carlos. 80p. Apostila - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos.

CRISTOVÃO, J.L.B.; GONÇALVES FILHO, E.V. (1995). Engenharia simultânea: um estudo de caso real. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP, 15, São Carlos, 1995. *Anais*. São Carlos, Universidade Federal de São Carlos. v. 3, p.1672-1676.

DANE, F.C. (1990). *Research methods*. Belmont, California, Brooks/Cole Publishing Company.

DAVENPORT, T.H. (1994). *Reengenharia de processo: como inovar na empresa através da tecnologia da informação*. Rio de Janeiro, Editora Campus.

- DEPARTMENT OF TRADE AND INDUSTRY (1995). *PDM focus* – product data management workbook.
- DICKERSON, C. (1996). *Product Data Management: an overview*, Association of the Society of Manufacturing Engineers (ASME).
- EVANS, S. (1991). Changing your way to a better business. *Engineering Computers*. May.
- GASCOIGNE, B. (1995). PDM: the essential technology for concurrent engineering. *World Class Design to Manufacture*, v.2, n.1, p.38-42.
- GEORGAKOPOULOS, D. et al. (1995). An Overview of Workflow Management: From Process Modeling to Workflow Automation Infrastructure. *Distributed and Parallel Databases*. v.3, p.119-153.
- HALL, D. (1991). Concurrent Engineering: defining terms and techniques. *IEEE Spectrum*. p. 24-25, July.
- HITCHINS, S.C. (1994). Software tools for the product development process. In: SYAN, C.S.; MENON, U. *Concurrent engineering: concepts, implementation and practice*. London, England, Chapman & Hall. Cap. 10, p.163-184.
- HOW the technology has evolved. (1997). <http://pdmic.com/evoltech.html>. (24 Aug.).
- KIDDER, L.H.; JUDD, C.M.. (1986). *Research methods in social relations*. 5.ed. New York, Holt, Rinehart and Winston.
- MCINTOSH, K.G. (1995). Implementing engineering data management solutions. *World Class Design to Manufacture*, v.2, n. 4, p.23-30.
- MILLER, E.; MACKRELL, J.; MENDEL, A.; PHILPOTTS, M. (1994). *PDM buyer's guide*. 5.ed. Ann Arbor, CIMdata.
- MILLER, E. (1997). *PDM today* - The current state of industry. <http://www.std.com/Newbury/CIMdata/pages/pdmlong.htm>. (14 Apr.)

- OLIVEIRA, C.B.M.. (1998). *Estruturação, identificação e classificação de produtos em ambientes integrados de manufatura*. São Carlos. 40p. Exame de qualificação - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo.
- PADUA, E.M.M. (1996). *Metodologia de pesquisa: abordagem teórico-prática*. São Paulo, Papirus Editora.
- PIKOSZ, P. (1997). *Product data management in the product development process*. Göteborg (Sweden). Thesis for the degree of licentiate of engineering – Machine and Vehicle Design, Chalmers University of Technology.
- PIKOSZ, P.; MALMQVIST, J. (1996). Possibilities and limitations when introducing PDM systems to support the product development process. *Proceedings NordDesign '96*. Espoo, Finland, p.165-175.
- PIKOSZ, P.; MALMSTRÖM, J; MALMQVIST, J. (1997). Strategies when introducing PDM systems in engineering companies. *Advances in Concurrent Engineering – CE'97*. Rochester, MI, USA, p.425-434.
- PRASAD, B. (1996). *Concurrent engineering fundamentals: integrated product and process organization*. New Jersey, Prentice Hall.
- ROZENFELD, H.; VEGA, H.A. (1995). Ambiente distribuído de soluções para suportar a engenharia simultânea. *Máquinas e Metais*, p.211-223, mar.
- ROZENFELD, H. (1996). Reflexões sobre a manufatura integrada por computador (CIM). In: WORKSHOP MANUFATURA CLASSE MUNDIAL: MITOS E REALIDADE, São Paulo, 1996. *Anais*. EPUSP. p.25-38.
- ROZENFELD, H. (1997). Modelo de referência para o desenvolvimento integrado de produtos (CD ROM). In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 17, 1997. Gramado. p 1-8.

- SCHEDLER, S. (1994). Software solutions for concurrent engineering. In: SYAN, C.S.; MENON, U. *Concurrent engineering: concepts, implementation and practice*. London, England, Chapman & Hall. Cap. 12, p.201-220.
- SWANTON, B. (1997). Are PDM/EDM systems really controlling product data? *The Report on Manufacturing*, May, p.3-17.
- SYAN, C.S. (1994). Introduction to concurrent engineering. In: SYAN, C.S.; MENON, U. *Concurrent engineering: concepts, implementation and practice*. London, England, Chapman & Hall. Cap. 1, p.3-23.
- TAVARES, M. (1994). A STEP based information management system as a support to a concurrent engineering environment. *RBCM - Journal of Brazilian Society of Mechanical Sciences*. V.16, n.3, p311-317.
- WARNECKE, G.; ZEIHSEL F. (1995). Systematic product development using information and communication technology. *Production Engineering*, v.5, n. 1, p.107-110.
- WHEELWRIGHT, S.C.; CLARK, K.B. (1992). *Revolutionizing product development: quantum leaps in speed, efficiency, and quality*. New York, The Free Press.
- WOODSON, T.T. (1966). *Engineering Design*. New York, MacGraw-Hill Book Company. Cap. 1-3, p.1-56.

OBRAS CONSULTADAS

AMARAL, D.C. (1997). *Colaboração cliente fornecedor no desenvolvimento de produto: integração, escopo, e qualidade do projeto do produto – estudo de caso da indústria automobilística brasileira*. São Carlos. 192p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos.

BEFORE the PDM project starts: What should you know? (1996). <http://pdmic.com/articles/artb4pdm.html>. (20 July).

BROOKS, B.; SCHOFIELD N. (1995). Time-to-market: time equals money – but where does it all go?. *World Class Design to Manufacture*. v.2, n.6, p.4-10.

CERÍCOLA, O.V. (1995). *ORACLE – Banco de dados relacional e distribuído: ferramentas para desenvolvimento*. São Paulo, Makron Books.

GOTT, B. (1995). The product data management market. *World Class Design to Manufacture*, v.2, n.4, p.18-22.

HOLLINSWORTH, D. (1994). *The Workflow Reference Model*. <http://www.aiai.ed.ac.uk/WfMC>. (9 Nov.)

IZUCHUKWU, J.I. (1996). Process and technology perspectives on integrated product development. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, v.118, p.455-457.

JUNQUEIRA, G.B. (1994). Da engenharia tradicional à engenharia simultânea no setor industrial nacional. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA.. São Paulo, 1995.

Núcleo de Política e Gestão de Ciência e Tecnologia da Universidade de São Paulo. p.1-19

KORTH, H.F; SILBERSCHATZ, A. (1989). *Sistemas de banco de dados*. São Paulo, McGraw-Hill.

MÓDULO, D.L. (1991). *Desenvolvimento de um ambiente de planejamento do processo assistido por computador para planejamento interativo*. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

MOREIRA, D.A. (1994). *Reengenharia: dinâmica para a mudança*. São Paulo, Livraria Pioneira.

ROSENAU, Jr., M.D. (1990). *Faster new product development*. New York: AMACOM.

RUDY, M. (1996). *Ten steps to ensuring a successful PDM project*. <http://pdmic.com/articles/art10stp.html> (20 Nov.).

SDRC (1995). *Manuais do Metaphase 2.1.1*. Milford.

THE best of both worlds - Planning for effective coexistence of product data management and MRP II systems. (1997). <http://pdmic.com/articles/bestboth.html> (23 Apr.).

TIBERTI, A.J. (1996). *Desenvolvimento de um sistema gerenciador de fluxo de trabalho para um ambiente de suporte a atividades de engenharia*. São Carlos. 101p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola de Engenharia de São Carlos. Serviço de Biblioteca (1993). *Diretrizes para elaboração de dissertações e teses na EESC-USP*. São Carlos.

VALERIANO, D.L. (1998). *Gerência em projetos*, 1^a ed. São Paulo, Makron Books.

VEGA, H.A. et al. (1995). Aplicação de ferramentas CAE/CAD/CAPP em processos de negócios definidos pela reengenharia. *Máquinas e Metais*. São Paulo, jun.

VIEIRA M.T.P. (1996). *Banco de dados orientado a objetos..* São Carlos. 80p. Apostila - Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos.