

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTOS - NeDIP

**SISTEMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE PLANEJAMENTO DE PROJETOS:
DEFINIÇÃO E SEQÜENCIAMENTO DAS ATIVIDADES PARA
O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS INDUSTRIAIS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA**

Nelson Back, Ph.D.

Orientador

André Ogliari, Dr. Eng.

Coorientador

Alexandre Dors Hoffmeister, Eng.

Mestrando

Florianópolis, Fevereiro de 2003

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**SISTEMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE PLANEJAMENTO DE PROJETOS:
DEFINIÇÃO E SEQÜENCIAMENTO DAS ATIVIDADES PARA
O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS INDUSTRIAIS**

ALEXANDRE DORS HOFFMEISTER

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de

MESTRE EM ENGENHARIA

Especialidade Engenharia Mecânica, sendo aprovada em sua forma final.

Prof. José A. Bellini da Cunha Neto, Dr.
Coordenador da PPGEM - UFSC

Prof. Nelson Back, Ph.D.
Universidade Federal de Santa Catarina
ORIENTADOR

Prof. André Ogliari, Dr. Eng.
Universidade Federal de Santa Catarina
CO-ORIENTADOR

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Abelardo A. de Queiroz, Ph.D.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. João Carlos E. Ferreira, Ph. D.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Fernando A. Forcellini, Dr. Eng.
Universidade Federal de Santa Catarina

*Trago seis homens honestos comigo
Ensinaram-me tudo o que sei
Chamam-se O Que, Por Que e Quando,
Como, Onde e Quem.*

RUDIARD KIPLING - 5W1H

AGRADECIMENTOS

- ✓ Em primeiro lugar aos meus pais Dante e Áurea que me deram a vida e me proporcionaram amor, saúde, segurança e educação, sem os quais eu não estaria neste momento agradecendo;
- ✓ Ao meu amigo Adauto Rodrigo Basso com quem construí meus primeiros protótipos de carrinho de rolimã na infância;
- ✓ Aos meus amigos Sérgio Duarte e Júlio Dolácio que me proporcionaram o primeiro contato com a área de desenvolvimento de produtos, depositando em mim toda a sua confiança;
- ✓ Ao professor Antônio Carlos Valdiero por ter nos apresentado o mundo da teoria sobre o processo de projeto e me encaminhado para este mestrado;
- ✓ Ao tio Derbi por ter me recebido calorosamente em Florianópolis;
- ✓ Aos professores João Carlos E. Ferreira, Fernando A. Forcellini e Jonny C. da Silva por terem se dedicado valorosamente em transmitir as suas especialidades no programa de pós-graduação;
- ✓ Aos professores e amigos pessoais Abelardo Queiroz, André Ogliari e Nelson Back por todo o apoio e contribuição prestados para comigo e com este trabalho;
- ✓ Aos meus colegas do núcleo de desenvolvimento integrado de produtos pelo convívio e aprendizado mútuo, destacando os amigos César Vinadé, Juscelino Maribondo, Leonardo Lima, Paulo do Carmo, Tiago Pereira e Valdeon Sozo;
- ✓ Aos amigos de outros laboratórios da pós-graduação Publio Duarte, Juliano Heidrich e Alan Oliveira.
- ✓ Ao meu gerente Gérsio Passerini que me cedeu o seu computador particular para que eu redigisse a presente dissertação de mestrado;
- ✓ Ao meu amigo Marcelo Andréas Meyer pela compreensão e auxílio durante o período de conclusão deste trabalho.
- ✓ Aos meus sogros Osvaldo e Jocélia que me acolheram como a um filho.
- ✓ Em especial a minha noiva, Tatiana Diniz da Silveira, pelo apoio incondicional e contribuição significativa durante o meu mestrado.
- ✓ Enfim, a todos que em algum instante da minha existência compartilharam comigo de momentos de sabedoria ou ignorância, amor ou ódio, luz ou escuridão, lucidez ou embriaguez, prazer ou dor, alegria ou tristeza, trabalho ou descanso, loucura ou serenidade, o meu sincero muito obrigado. Pois, com toda a certeza, este trabalho é fruto de nossa convivência.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	01
1.1 OBJETIVO DESTA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO.....	05
1.2 JUSTIFICATIVAS PARA ADOÇÃO DO PRESENTE TEMA DE MESTRADO.....	06
1.3 METODOLOGIA DE PESQUISA.....	07
1.4 CONTEÚDO DESTA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO.....	08
2. O PROCESSO DE GERENCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	10
2.1 OS SUBPROCESSOS DO GERENCIAMENTO DE PROJETOS.....	13
2.2 O PROCESSO DE GERENCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	15
2.3 O PROCESSO DE PLANEJAMENTO.....	18
2.4 O PROCESSO DE PLANEJAMENTO DE PROJETOS.....	20
2.5 O PROCESSO DE PLANEJAMENTO DE PROJETOS VERSUS EQUIPES DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	23
2.6 O PROCESSO DE PLANEJAMENTO DE PROJETOS VERSUS ESTRUTURAS ORGANIZACIONAIS.....	26
2.7 ITEM DE CONCLUSÃO.....	32
3. O PROCESSO DE DEFINIÇÃO DAS ATIVIDADES DE PROJETO.....	33
3.1 FERRAMENTAS PARA AUXILIAR NA DEFINIÇÃO DAS ATIVIDADES DE PROJETO.....	38
3.1.1 <i>Brainstorming</i>	38
3.1.2 Estrutura de Desdobramento do Trabalho.....	39
3.1.3 Síntese Funcional.....	44
3.1.4 Técnica de Análise Funcional de Sistemas.....	52
3.1.5 Definição Integrada para Modelagem Funcional.....	56
3.2 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS.....	64
3.3 ITEM DE CONCLUSÃO.....	65

4. O PROCESSO DE SEQUENCIAMENTO DAS ATIVIDADES DE PROJETO.....	67
4.1 FERRAMENTAS PARA AUXILIAR NO SEQÜENCIAMENTO DAS ATIVIDADES DE PROJETO.....	71
4.1.1 Método do Diagrama de Precedência.....	72
4.1.2 Método do Diagrama de Setas.....	73
4.1.3 Método do Caminho Crítico.....	74
4.1.4 Técnica de Avaliação e Revisão de Programas.....	75
4.1.5 Matriz da Estrutura de Projeto.....	77
4.2 ITEM DE CONCLUSÃO.....	87
4.3 POSSIVEIS TRABALHOS A SEREM DESENVOLVIDOS COM A DSM.....	87
5. METODOLOGIA PARA O PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES DE PROJETO.....	88
5.1 METODOLOGIA PARA O PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES DE PROJETO.....	89
5.1.1 SUBPROCESSO I - Definição da natureza do desdobramento do trabalho.....	91
5.1.2 SUBPROCESSO II - Coletas de dados.....	92
5.1.3 SUBPROCESSO III - Estruturação e interpretação das atividades de projeto.....	93
5.1.4 SUBPROCESSO IV - Particionamento da matriz quadrada para reduzir o número de iterações.....	95
5.1.5 SUBPROCESSO V - Apresentação da matriz de estruturação do projeto.....	97
5.1.6 SUBPROCESSO VI - Iteração entre a estruturação, apresentação e particionamento da DSM.....	98
5.2 ITEM DE CONCLUSÃO.....	98
6. ESTUDO DE CASO.....	100
6.1 ENTRADAS PARA O PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES DE PROJETO.....	101
6.2 SUBPROCESSO I – DEFINIÇÃO DA NATUREZA DE DESDOBRAMENTO DO TRABALHO.....	102
6.3 SUBPROCESSO II – COLETA DE DADOS.....	103
6.4 SUBPROCESSO III – ESTRUTURAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DAS ATIVIDADES DE RE-PROJETO.....	111
6.5 SUBPROCESSO IV – PARTICIONAMENTO DA MATRIZ QUADRADA PARA REDUZIR O NÚMERO DE ITERAÇÕES.....	112
6.6 SUBPROCESSOS V E VI – APRESENTAÇÃO DA DSM E ITERAÇÃO ENTRE OS SUBPROCESSOS III, IV E V.....	112

6.7 ITEM DE CONCLUSÃO.....	113
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS.....	114
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	116

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1.1** - Representação das fronteiras da dissertação de mestrado.
- FIGURA 2.1** - Representação dos subprocessos de gerenciamento de projetos, PMI (2000).
- FIGURA 2.2** - Modelo para o processo de gerenciamento de projetos, Verzuh (2000).
- FIGURA 2.3** - Modelo do processo de gerenciamento do desenvolvimento de produtos, Back & Ogliari (2000).
- FIGURA 2.4** - Funil de desenvolvimento de produtos, Romano (2000).
- FIGURA 2.5** - Estrutura dos processos de planejamento de projetos, PMI (2000).
- FIGURA 2.6** - Alternativas de estruturas organizacionais, Back & Ogliari (2000).
- FIGURA 2.7** - Influência das estruturas organizacionais no projeto, Ford & Randolph (1998).
- FIGURA 3.1** - Representação do desdobramento de um processo, Cruz (1998).
- FIGURA 3.2** - Padronização das funções básicas, Pahl & Beitz (1996).
- FIGURA 3.3** - Modelo FAST para um re-projeto, Wixson (2001).
- FIGURA 3.4** - Representação de um ICOM, NIST (1993).
- FIGURA 3.5** - Representação de um diagrama de contexto.
- FIGURA 3.6** - Representação de um diagrama de decomposição.
- FIGURA 4.1** - Relações de dependência entre atividades de projeto, Back & Ogliari (2000).
- FIGURA 4.2** - Representação de um exemplo de painel de controle.
- FIGURA 4.3** - Exemplo parcial de um diagrama de precedência.
- FIGURA 4.4** - Exemplo parcial de um diagrama de setas.
- FIGURA 4.5** - Exemplo hipotético de uma cadeia de atividades PERT, Slack et. al. (1997).
- FIGURA 4.6** - Formas de precedência adotadas na DSM, Back & Ogliari (2000).
- FIGURA 4.7** - Exemplo do desenvolvimento de um painel de controle na forma de uma DSM.
- FIGURA 4.8** - Seqüência de particionamento de uma DSM.
- FIGURA 4.9** - Atividade independente dos resultados de outras atividades de projeto.
- FIGURA 4.10** - Atividades que não fornecem resultados para outras atividades de projeto.
- FIGURA 4.11** - Matriz binária de atividades de projeto.
- FIGURA 4.12** - Matriz de adjacência elevada ao quadrado.

- FIGURA 4.13** - Matriz de adjacência elevada ao cubo.
- FIGURA 4.14** - Matriz de adjacência elevada na quarta.
- FIGURA 4.15** - Matriz de adjacência elevada na quinta.
- FIGURA 4.16** - Matriz de adjacência resultante.
- FIGURA 4.17** - DSM resultante do processo de particionamento.
- FIGURA 5.1** - Fluxograma da metodologia proposta.
- FIGURA 5.2** - Ilustração da hierarquização das atividades de projeto.
- FIGURA 6.1** - Exemplo de um fogão.
- FIGURA 6.2** - Diagrama de contexto do re-projeto objeto do estudo de caso.
- FIGURA 6.3** - Diagrama de decomposição de nível mais alto no projeto.
- FIGURA 6.4** - Diagrama de decomposição da primeira atividade de projeto.
- FIGURA 6.5** - Diagrama de decomposição da segunda atividade de projeto.
- FIGURA 6.6** - Diagrama de decomposição da última atividade de projeto.
- FIGURA 6.7** - Matriz da estrutura de projeto antes do seu particionamento.
- FIGURA 6.8** - Matriz da estrutura de projeto particionada.

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - Modelo de gerenciamento do desenvolvimento de produtos, Cheng (2000).

TABELA 2.2 - Estrutura de equipe de projeto, Verzuh (2000).

TABELA 3.1 - Desdobramento de um processo segundo o DoD, Back & Ogliari (2000).

TABELA 3.2 - Adaptação da estrutura de desdobramento do DoD, Gido & Clements (1998).

TABELA 3.3 - Procedimento para obtenção de estruturas funcionais, Herrmann, Ogliari & Back (1996).

LISTA DE SIGLAS

- ADM** - Arrow Diagram Method.
- ANSI** - American National Standard Institute.
- CPM** - Critical Path Method.
- CVT** - Component Value Team
- DSM** - Design Structure Matrix.
- EDT** - Estrutura de Desdobramento do Trabalho.
- FAST** - Functional Analysis System Technique.
- FMEA** - Failure Modes and Effect Analysis
- GDP** - Gerenciamento do Desenvolvimento de Produtos.
- IDEF0** - Integrated Definition Functional Modeling.
- MAV** - Método de Análise do Valor.
- MIT** - Massachusetts Institute of Technology.
- NeDIP** - Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos.
- NIST** - National Institute of Standard and Technology.
- PDM** - Preceding Method Diagram.
- PDP** - Processo de Desenvolvimento de Produtos.
- PE** - Planejamento Estratégico.
- PERT** - Program Evaluation and Review Technique.
- PMI** - Project Management Institute.
- QFD** - Quality Function Deployment
- SF** - Síntese Funcional.
- TAV** - Técnica de Análise do Valor.

RESUMO

Sob o enfoque do gerenciamento, o desenvolvimento de novos produtos, deve ser pensado na forma de projetos. Isso significa que deve ser planejado, executado e controlado para garantir que os produtos resultantes atendam ao escopo, qualidade, custos e tempo esperados. Dentre os processos de gerenciamento, o processo essencial é aquele de planejamento, o qual envolve a definição do escopo do projeto, definição e seqüenciamento das suas atividades, estimativa de tempos e alocação de recursos, entre outras. No estudo desse processo de planejamento verificou-se que a definição das atividades de um projeto e o seu seqüenciamento, de forma lógica e coerente, não tem sido adequadamente suportada. Embora existam métodos e ferramentas de apoio à representação e programação dessas atividades, não se encontram devidamente sistematizadas maneiras de definir, para determinado projeto, quais deverão ser as atividades, em função do escopo a ser atendido, e nem como determinar a melhor forma de seu seqüenciamento, em função do tempo do projeto e dos recursos disponíveis. Isso se deve, em grande parte, porque os projetos apresentam características de unicidade e de incertezas. Desenvolver um novo produto significa executar uma seqüência de atividades que nunca foram desempenhadas anteriormente. Resolver esse tipo de problema proporciona meios para minimizar re-trabalhos durante o projeto, reduzindo o tempo de desenvolvimento do produto, utilizando melhor os recursos e proporcionando melhor qualidade ao produto. Diante dessa problemática, o presente trabalho trata do desenvolvimento de uma metodologia que sistematize os processos de definição e seqüenciamento das atividades de projeto como ferramenta de suporte ao gerenciamento do desenvolvimento de produtos. Para tal, apresenta-se inicialmente um estudo do estado da arte em processos, métodos e ferramentas de gerenciamento de projetos, em geral, e uma análise crítica daqueles que apresentavam aparente potencial para configurar a metodologia, objeto do presente trabalho. Com base nesse estudo, desenvolveu-se uma proposta inicial para a sistematização do processo de planejamento de projetos, a qual, além de mostrar claramente, passo a passo, o que deve ser feito para o planejamento, inclui como ferramentas básicas, a técnica de IDEF0 (Integrated Definition for Function Modeling) e DSM (Design Structure Matrix). A sistemática proposta foi aplicada em estudo de caso para analisar suas proposições e ferramentas no planejamento do desenvolvimento de um produto domiciliar para a cocção, designado usualmente de fogão. Desse estudo resultaram recomendações para a evolução da

dações para a evolução da sistemática proposta, as quais foram implementadas dando origem à metodologia sugerida nesse trabalho.

Com relação ao planejamento resultante dessa aplicação, obteve-se uma melhor orientação e suporte para a execução do desenvolvimento do produto, em função de uma análise crítica em maior profundidade das atividades realmente necessárias ao projeto e de quando elas deveriam acontecer, tendo em vista as características das ferramentas propostas. Ao final deste trabalho, além da apresentação dos resultados do estudo de caso, em detalhes, são apresentadas sugestões para futuros trabalhos nessa linha, envolvendo a sistematização dos demais processos de planejamento de projeto.

Palavras-chave: projeto, planejamento, desenvolvimento de produtos, IDEF0, DSM.

ABSTRACT

Under management approach, the development of new products, must be thought about the form of projects. This means that it must be planned, executed and controlled to assure that the resultant products reach the wanted scooping, quality, cost and time. Amongst management processes, the essential process is that one of planning, which involves the definition of the project's target, activities' definition and sequencing, estimate of times and allocation of resources, among others. In the study of this planning process it was verified that the definition of the project's activities and its sequencing, in a logical and coherent form, have not been adequately supported. Although methods and tools of support to the representation and programming of these activities exist, it is not found systemized ways to define, for a determined project, which will have to be the activities, due to the scooping to be reached,, nor as to determine the best form of its sequencing, due to the time of the project and available resources. This occurs, to a large extent, because the projects present characteristics of unicity and uncertainties. To develop a new product means to execute activities' sequence that had been never made previously. To resolve this type of problem provides ways to minimize re-works during the project, being reduced the time of product's development, better using the resources and providing better quality to the product. In front of this problem, the present work deals about the development of a methodology that systemize the processes of definition and sequencing of the project's activities as a tool of support to the management of products development. For such, it is presented initially a study of the state of the art in processes, methods and tools of projects management, in general, and a critical analysis of the ones that presented apparent potential to configure the methodology, object of the present work. With base in this study, it is developed an initial proposal for the systematization of the projects planning process, which, besides showing clearly, step-by-step, what it must be made for the planning, includes as basic tools, the IDEF0 technique (Integrated Definition for Function Modeling) and DSM (Design Structure Matrix). The systematic proposed was applied in a case study to analyze its proposals and tools in the development plan of a domiciliary product for cooking, usually called range. Results of this study was recommendations for the evolu-

tion of proposals systematic, which had been implemented, originating the methodology suggested in this work.

With relation to the resultant planning of this application, one better orientation and support was gotten for the execution of the product development, due to a critical analysis in bigger depth of the really necessary activities to the project and when they would have to happen, according to the characteristics of the tools proposed. In the end of this work, beyond the presentation of the results of the case study, in details, suggestions for future works in this line are presented, involving the systematization of others project planning processes.

Key words: project, planning, products development, IDEF0, DSM.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Até alguns anos era relativamente simples para as indústrias nacionais sobreviverem e crescerem dentro do mercado consumidor brasileiro. Isto se devia à ausência de qualquer tipo de concorrência internacional, decorrente de uma política governamental protecionista efetuada por meio de um conjunto de regulamentações e alíquotas de importação. Entretanto, com a abertura da economia brasileira intensificada no início dos anos noventa, as condições mercadológicas que regiam tais empresas industriais mudaram muito, sendo que o que garantia a sua sustentabilidade anteriormente, não o faz mais hoje. Desta forma, as indústrias nacionais tiveram de se reestruturar em um curto espaço de tempo e, para isto, pesquisar e desenvolver alternativas que as habilitassem frente a estas novas exigências do mercado consumidor. Aparentemente, o caminho encontrado pelo setor industrial para sobreviver a este novo contexto passa pelo processo de desenvolvimento dos seus produtos, aonde ainda existem muitas lacunas a serem trabalhadas. Esta dissertação de mestrado, em especial, tem como objetivo contribuir exatamente neste processo de desenvolvimento de produtos, explorando algumas destas lacunas.

Conforme mencionado, o mercado consumidor brasileiro permaneceu relativamente fechado à concorrência internacional até o final da década de oitenta. Isto se deu em virtude das políticas governamentais adotadas na época, que privilegiavam um processo de substituição de importações ao invés de uma maior integração com as demais economias mundiais, e também devido à forte crise pela qual a economia brasileira passava ao longo desta década. Tal postura, de manter o mercado consumidor brasileiro fechado, segundo Lima (1997), resultou em um quadro de estagnação da nossa produção industrial e de contração de investimentos, limitando sensivelmente a capacidade de incorporação de avanços tecnológicos pela indústria nacional.

Aspectos tais como de inovação tecnológica e de ganhos de produtividade passaram a ser menosprezados pelas indústrias deste período, até porque este relativo isolamento da economia brasileira favorecia a um comportamento acomodativo por parte delas. Além das dificuldades existentes no que diz respeito ao acesso às importações de bens de capital e insumos, a falta de concorrência as desestimulava ainda mais na busca pela fabricação de produtos qualitativamente melhores e com custos mais baixos. Na verdade, a maioria das indústrias nacionais da época não se preocupava com uma análise séria dos custos de produção; o controle de qualidade, quando

existente, era uma preocupação secundária; e a capacitação tecnológica também era bastante negligenciada.

Em resumo, pode-se concluir que as preocupações das indústrias brasileiras, estabelecidas neste mercado consumidor dividido entre monopólios e oligopólios, resumiam-se a calcular a margem de lucro que elas gostariam de obter com a comercialização dos seus produtos, conclui Marins (2002).

Contudo, no início dos anos noventa o governo federal decidiu abrir o mercado interno brasileiro e, desta forma, iniciou um programa de redução progressiva das regulamentações e alíquotas de importação. Conseqüentemente, o intercâmbio comercial brasileiro com os vários países do mundo começou a aumentar gradativamente e as indústrias nacionais passaram, em contrapartida, conforme Fleury (1995), a enfrentar uma crescente concorrência externa,

Assim, Fleury (1995) e Lima (1997) afirmam que muitos setores industriais tiveram a sua posição ameaçada por concorrentes que fabricavam produtos similares aos seus, porém com maior conteúdo tecnológico, melhor qualidade e, em muitos casos, com preço muito menor,

A grande maioria das indústrias nacionais, que se encontravam acomodadas com o sistema vigente, passaram a ter de repentinamente sobreviver a um mercado consumidor globalizado, quer dizer, muito mais dinâmico, instável e evolutivo. “O poder havia migrado da mão das indústrias para a mão dos clientes”, Marins (2002).

O aumento na oferta de produtos, decorrente da globalização do nosso mercado interno, permitiu que os clientes brasileiros escolhessem dentre os fornecedores que melhor atendessem as suas necessidades e expectativas. Este novo patamar na relação consumidor/fornecedor gerou oportunidades para que surgissem novas indústrias, cada vez mais especializadas, para atender a estas necessidades também cada vez mais específicas dos consumidores, aumentando, geograficamente, a concorrência entre as empresas. As empresas, por sua vez, se viram obrigadas a pesquisar melhores soluções tecnológicas e organizacionais para superar, através de mudanças, as suas novas concorrentes internacionais e, desta forma, lançar produtos melhores e mais baratos. No momento que as indústrias atingiram ou atingem estes objetivos, este ciclo se reinicia, consolidando cada vez mais a condição do consumidor de exigir o produto necessário e nas condições desejadas, supervalorizado-o, Hammer & Champy *apud* Ford & Randolph (1998).

Mas como sobreviver então a estas novas condições mercadológicas e satisfazer as necessidades e expectativas deste cliente supervalorizado? Após o processo de abertura econômica brasileira, as empresas que não fecharam as suas portas ou foram absorvidas por concorrentes multinacionais, finalmente passaram a estabelecer e priorizar objetivos de desempenho, tais como objetivos de custo; tempo e escopo desenvolvimento; e qualidade para os seus produtos, ou

seja, entenderam que teriam de desenvolver seus produtos com maior qualidade, em menos tempo e cada vez mais com baixo custo.

De acordo com Salerno (1996), para que as indústrias nacionais atingissem estes objetivos ou intentos, elas deveriam promover quatro tipos de mudanças principais, que são: mudanças nas suas relações interempresariais, mudanças na organização geral da empresa, mudanças na organização do seu sistema de produção e mudanças na organização do trabalho.

O pesquisador Harari *apud* Verzuh (2000) acrescenta que a sobrevivência de uma empresa depende também da velocidade com que os seus colaboradores se reúnem e se concentram em torno de problemas e soluções, e depois se dispersam.

Neste sentido, tem-se evidenciado tanto na indústria nos mais diferentes domínios de aplicação, quanto na literatura, que a opção que vem sendo adotada é a de abordar problemas ou oportunidades de negócios na forma de projetos. Um projeto existe para solucionar um problema específico, dentro de um prazo e com um custo determinado (característica de temporariedade de um projeto) e encontra-se diretamente relacionado com as alternativas de mudanças indicadas por Salerno (1996).

Entretanto, até a abertura da economia nacional, projetos eram executados na maioria das empresas de forma intuitiva e pouco organizada, com base no método da tentativa e erro e, uma vez constatado que a melhor maneira de se abordar problemas ou oportunidades de negócios é realmente na forma de projetos, torna-se necessário tomar todas as precauções necessárias para se garantir os seus resultados.

Objetivando garantir os resultados de um projeto, vem tomando forma há algum tempo um novo modelo para o processo de desenvolvimento de produtos, no qual se considera simultaneamente o ciclo de produção-consumo, metodologias de projeto e o processo de gerenciamento de projetos, conforme Romano (2000).

A determinação do ciclo de produção-consumo de um produto visa garantir que os resultados do projeto que se encontra em desenvolvimento atendam da melhor maneira possível as necessidades e expectativas do consumidor ou da faixa de mercado selecionada e, para isto, ele relaciona a empresa produtora com o mercado consumidor. Em um primeiro momento são produzidos bens materiais, por meio do seu projeto, manufatura, distribuição e venda, para então estes serem consumidos pelo mercado. O mercado consumidor, por sua vez, retorna informações sobre o uso, a aceitação e o descarte destes bens materiais, junto de recursos, sejam sob a forma de capital ou de material reciclado, também conforme Romano (2000).

De posse das informações do ciclo de produção-consumo, a próxima etapa passa a ser a obtenção de resultados de produto que realmente condigam com estas informações. Para isto,

metodologias sistematizam as atividades envolvidas em um projeto, fornecendo à equipe que o desenvolve, recomendações e ferramentas que auxiliam na sua execução em cada uma das suas fases. Tais recomendações e ferramentas possibilitam a consideração de um número muito maior de informações, quanto ao projeto, do que se ele fosse executado de uma forma intuitiva e pouco organizada, reduzindo desta maneira consideravelmente a probabilidade de ocorrerem erros e re-projetos, conforme Back & Forcellini (2000), sendo que possíveis erros de projeto seriam muito mais onerosos para uma empresa o quanto mais perto o seu produto estiver da comercialização, dizem Blanchard & Fabricky (1990).

Quanto ao processo de gerenciamento de projetos, um projeto envolve muitas outras características, além da sua característica de temporalidade, que se desconsideradas podem vir a inviabilizar a sua execução dentro do prazo estabelecido ou do custo orçado. Conforme Back & Ogliari (2000), a adoção do processo de gerenciamento de projetos, neste contexto, visa garantir o atendimento das necessidades e expectativas dos consumidores, considerando tais características, através do uso das habilidades, ferramentas e técnicas aplicadas, agora, ao planejamento, implementação e controle do projeto.

Procurando co-relacionar as alternativas de mudanças levantadas por Salerno (1996) com este novo modelo de desenvolvimento de produtos, pode-se afirmar que as metodologias de projeto auxiliam na organização do trabalho executado no decorrer do projeto, enquanto o processo de gerenciamento de projetos trata da organização interempresarial, da organização geral da empresa e da organização do trabalho envolvido em todo o processo de desenvolvimento de produtos.

Alguns autores, tal como Romano (2000), sugerem a representação deste novo processo na forma de uma tríade, uma tríade de desenvolvimento de produtos. Esta opção de representação evidencia que todos os elementos da tríade devem ser considerados em conjunto. Entretanto, apesar de muito provavelmente qualquer um dos elementos desta tríade, seja o ciclo de produção-consumo, sejam as metodologias de projeto ou o processo de gerenciamento apresentar lacunas a serem trabalhadas e compartilharem da mesma importância, considerou-se apropriado para os fins deste trabalho, concentrar esforços somente no processo de gerenciamento de projetos. Optou-se por esta alternativa devido a motivos de escopo e de tempo e, também, para que, embora se contribua de forma pontual em algumas das lacunas inseridas neste contexto, que isto seja feito de maneira significativa.

O processo de gerenciamento de projetos, macro objetivo de estudo deste trabalho, encontra-se subdividido em cinco novos subprocessos, que são os processos de iniciação, de planejamento, de execução, de controle e de encerramento de um projeto, Project Management Institu-

te (2000), sendo que estes subprocessos objetivam suportar, em conjunto e de forma sistemática, a equipe de desenvolvimento de produtos desde a contratação do projeto ou detecção da oportunidade de negócio até a entrega do produto e aceite técnico do cliente. Dentre estes, o processo de planejamento é considerado o cerne do processo de gerenciamento de projetos, o que se justifica devido aos seus resultados refletirem em praticamente todos os outros subprocessos mencionados anteriormente.

Durante a revisão do processo de planejamento de projetos identificou-se uma lacuna, em especial, a ser explorada já que pode-se afirmar que existem muitas ferramentas de suporte para o processo de planejamento de projetos que auxiliam a organizar e representar um projeto, entretanto ainda não foram encontradas ferramentas ou recomendações que auxiliem a uma equipe de desenvolvimento de produtos na definição das atividades que devem ser realizadas durante a execução deste projeto, assim como não foram encontrados parâmetros para avaliar qual a melhor forma de seqüenciar tais atividades.

Neste trabalho de pesquisa pretendeu-se contribuir nesta lacuna específica, revisando as principais bibliografias e ferramentas de suporte voltadas para estes processos de definição e seqüenciamento de atividades de projeto, realizando uma análise crítica sobre a bibliografia e as ferramentas estudadas, e sugerindo uma metodologia que associasse as ferramentas selecionadas com as recomendações identificadas durante a aplicação de uma proposta inicial de metodologia em um estudo de caso. A Figura 1.1 representa a localização deste trabalho de mestrado no contexto do processo de desenvolvimento de produtos.

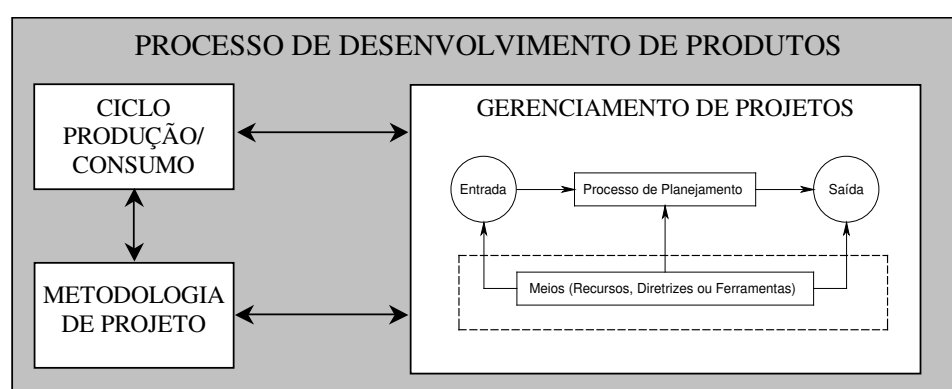


Figura 1.1 - Representação das fronteiras da dissertação de mestrado.

1.1 OBJETIVO DESTA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

A presente dissertação de mestrado tem como objetivo principal propor uma metodologia para o planejamento de projetos de produtos industriais. Tal metodologia destina-se a auxiliar

equipes de desenvolvimento de produtos na execução dos processos de definição e de seqüenciamento das atividades de um projeto. Com isto, pretende-se, em um primeiro momento, suportar o processo de gerenciamento de projetos e, conseqüentemente, o processo de desenvolvimento de produtos.

No sentido de discriminar melhor os resultados esperados a partir deste trabalho, procurou-se desdobrar o objetivo mencionado anteriormente em um conjunto de objetivos específicos, conforme descrito a seguir. Desta forma, espera-se com este trabalho:

- Propor meios para auxiliar equipes de desenvolvimento de produtos a definir as atividades que devem ser executadas no decorrer de um projeto.
- Propor meios para auxiliar equipes de desenvolvimento de produtos a determinar qual o nível de detalhamento apropriado para cada uma das atividades desdobradas para o projeto.
- Determinar quais as recomendações, os critérios ou as ferramentas mais adequadas para auxiliar equipes de desenvolvimento de produtos a seqüenciar estas atividades desdobradas.

1.2 JUSTIFICATIVAS PARA ADOÇÃO DO PRESENTE TEMA DE MESTRADO

Um projeto, conforme Slack et. al. (1997), apresenta várias características que o configuram, tais como, características de unicidade, culturais, organizacionais, econômicas, governamentais, entre outras. Dentre estas características, a característica de unicidade de um projeto justificaria isoladamente qualquer esforço que se fizesse no sentido de contribuir com o processo de planejamento do projeto de produtos industriais. Isto se deve ao fato dos resultados deste processo de planejamento, que são, o plano de projeto e os detalhes de suporte, servirem como guias para conduzir uma equipe de desenvolvimento de produtos durante a execução de toda uma seqüência de atividades que nunca foi adotada antes, visto que um projeto nunca é igual ao outro.

Se não bastasse isto, o processo de planejamento de projetos ainda encontra-se inserido em um contexto no qual todos os subprocessos envolvidos se relacionam de forma interativa e iterativa, ou seja, as saídas de cada um destes subprocessos atuam, de maneira geral, como as entradas do subprocesso subsequente a ele e, na execução do projeto se retorna diversas vezes aos subprocessos anteriores visando-se otimizar resultados. Assim, como o planejamento de projetos é um dos primeiros subprocessos de gerenciamento a ser executado no decurso de um projeto, o que acontece possivelmente em função da própria característica de unicidade, e de acordo com a afirmação de Campos (1996) de que planejar significa definir aquilo que tem que ser feito para que uma determinada meta seja atingida, caso ele não seja executado de uma forma adequa-

da, todos os resultados dos processos subsequentes ao de planejamento e até mesmo os resultados relativos ao produto estarão comprometidos.

Mesmo julgando que tais considerações sejam suficientes para justificar a opção de se trabalhar com o processo de planejamento do projeto de produtos industriais, utilizar-se-á o seguinte exemplo hipotético para eliminar quaisquer dúvidas que ainda restem, por parte do leitor, sobre a importância e a complexidade envolvida na lacuna explorada neste trabalho: *suponha que duas empresas concorrentes estejam desenvolvendo um produto para atender ao mesmo problema de projeto e que cada uma delas designe, para isto, uma equipe de desenvolvimento que deve definir quais as atividades que serão executadas no decorrer deste projeto. Considere, também, que somente uma destas equipes possui formação e ferramental para executar o planejamento deste projeto de um produto industrial. Muito provavelmente, a equipe que não possui esta cultura de planejamento encontrar-se-ia desamparada quanto à forma de abstrair tais atividades, tendo de redefini-las e programá-las continuamente durante toda a execução do projeto para atender aos objetivos de desempenho estimados para o produto. Conseqüentemente, esta equipe estaria, desta forma, comprometendo além do produto, os resultados financeiros da empresa, o que possivelmente não aconteceria com a equipe que estivesse mais bem suportada. E mesmo que ambas as equipes apresentassem culturas próprias de planejamento estabelecidas, talvez a falta de uma sistematização consensada para a definição e o seqüenciamento das atividades de projeto as levasse ainda a obter resultados diferentes para este mesmo problema de projeto.*

Por todas estas ponderações, acredita-se que se faz necessário analisar e sistematizar melhor os processos de planejamento abordados neste trabalho para assegurar que os subprocessos de execução, de controle e de encerramento de um projeto conduzam a resultados significativamente melhores.

1.3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Uma vez contextualizado este trabalho de dissertação de mestrado, apresentados o seu tema e os seus principais objetivos e salientada a sua importância, julgou-se necessário estabelecer alguns passos que auxiliassem no seu desenvolvimento. Em decorrência disto, obteve-se como resultado a seguinte proposta de metodologia de pesquisa:

- **Primeiro passo:** revisão das principais bibliografias sobre os processos de desenvolvimento de produtos, de gerenciamento e de planejamento de projetos, bem como de definição e seqüenciamento das atividades de projeto para o desenvolvimento de produtos industriais.

- **Segundo passo:** pesquisa por ferramentas de suporte para os processos de definição e seqüenciamento das atividades de projeto.
- **Terceiro passo:** análise crítica das ferramentas de suporte estudadas, utilizando para isto o embasamento adquirido sobre os processos abordados.
- **Quarto passo:** formulação de uma metodologia que comporte as ferramentas e/ou recomendações selecionadas para contribuir com ambos os processos.
- **Quinto passo:** validação da metodologia proposta através da sua aplicação em um estudo de caso.
- **Sexto passo:** otimização desta metodologia a partir do retorno obtido na indústria.

1.4 CONTEÚDO DESTA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

A presente dissertação de mestrado encontra-se estruturada em sete capítulos que progressivamente conduzem o leitor desde a apresentação do problema a ser explorado até as conclusões obtidas sobre a solução desenvolvida. Estes capítulos refletem exatamente a metodologia de pesquisa proposta acima e estão dispostos da seguinte forma:

- **Capítulo 01 (Introdução):** neste capítulo apresenta-se o tema escolhido, as fronteiras que nortearam o desenvolvimento deste trabalho, os objetivos propostos e os resultados esperados, a justificativa para adoção do presente tema de mestrado, a metodologia de pesquisa utilizada para buscar os objetivos propostos e ainda uma breve descrição do conteúdo inserido em cada capítulo deste trabalho.
- **Capítulo 02 (O Processo de Gerenciamento do Desenvolvimento de Produtos):** neste capítulo apresenta-se uma revisão do processo de gerenciamento de projetos, iniciando com uma visão geral deste processo e especificando-o, paulatinamente, para o domínio de desenvolvimento de produtos. Também se encontram apresentadas uma revisão do subprocesso de planejamento de projetos e algumas ponderações sobre o relacionamento deste subprocesso com a configuração de equipes de desenvolvimento de produtos e estruturas organizacionais. A finalidade deste capítulo consiste na contextualização e na apresentação dos principais conceitos, terminologias e estruturas características relacionadas aos processos centrais deste trabalho.
- **Capítulo 03 (O Processo de Definição das Atividades de Projeto):** neste capítulo revisa-se o processo que representa o núcleo desta dissertação de mestrado, o processo de definição das atividades de projeto. Além disto, são apresentadas algumas alternativas de ferramentas de suporte para auxiliar na execução deste processo, junto de uma análise crítica realizada sobre

as mesmas. A finalidade deste capítulo consiste em apontar ferramentas de suporte direcionadas efetivamente para o processo de definição das atividades de projeto ou, na falta delas, fornecer o embasamento necessário para a determinação de recomendações que auxiliem na definição de tais atividades.

- **Capítulo 04** (O Processo de Seqüenciamento das Atividades de Projeto): neste capítulo re-visa-se o processo de seqüenciamento das atividades de projeto e, de forma semelhante ao capítulo anterior, apresenta-se algumas alternativas de ferramentas de suporte para auxiliar na sua execução, bem como uma análise crítica destas. Da mesma forma, procura-se com isto apontar as ferramentas e/ou recomendações mais adequadas para suportar a execução deste processo.

- **Capítulo 05** (Metodologia para o Planejamento de Projetos): neste capítulo procura-se associar as ferramentas e/ou recomendações selecionadas nos capítulos anteriores na forma de uma metodologia. A finalidade deste capítulo reside em apresentar uma proposta inicial de metodologia que oriente uma equipe de desenvolvimento de produtos a como proceder na execução dos processos abordados neste trabalho.

- **Capítulo 06** (Estudo de Caso): a metodologia proposta inicialmente no capítulo anterior foi desenvolvida com base nas informações obtidas durante a revisão bibliográfica e na experiência da equipe de desenvolvimento que atua nesta pesquisa. Neste capítulo, apresenta-se um estudo de caso realizado para validar esta metodologia e ainda a forma que os resultados deste estudo foram utilizados para otimizá-la.

- **Capítulo 07** (Conclusões e Recomendações Finais): neste capítulo apresentam-se as principais conclusões consensadas, quanto aos resultados deste trabalho, entre a equipe que o desenvolveu e algumas recomendações para futuros trabalhos de pesquisa que contribuam de forma geral para o processo de desenvolvimento de produtos e em específico para evoluir o que foi desenvolvido sobre os processos de planejamento abordados neste trabalho até o presente momento.

CAPÍTULO 2

O PROCESSO DE GERENCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Não é de hoje que a humanidade se utiliza projetos para atingir os seus objetivos. Alguns dos exemplos dos quais se tem conhecimento remontam há muitos séculos atrás, tais como, as Pirâmides do Egito ou os Jardins Suspensos da Babilônia. Julga-se coerente afirmar que tais obras, mesmo em tempos tão remotos, tenham sido executadas segundo alguma forma mínima de organização, em virtude da sua magnitude versus a tecnologia disponível na época.

Um bom exemplo de um antigo gerente de projetos foi Michelangelo pois, segundo Verzuh (2000), durante a supervisão do projeto e da construção da Basílica de São Pedro, em Roma, ele enfrentou todos os problemas inerentes a um projeto dos dias atuais, ou seja, especificações incompletas, mão-de-obra insuficiente, verbas vacilantes e um cliente muito influente, no caso, o Papa,.

Atualmente, esta tendência de abordar problemas ou oportunidades de negócios na forma de projetos tem se acentuado muito no setor industrial, seja no mercado brasileiro ou em nível internacional. Isto se deve ao fato de que este tipo de abordagem permite às indústrias enfocarem a responsabilidade e a autoridade relativas a um problema em específico sobre uma equipe multidisciplinar e assim concentrar esforços de uma maneira mais efetiva na busca dos seus objetivos.

Alguns exemplos de bons resultados obtidos com esta prática são uma maior responsabilidade dos envolvidos no projeto perante os seus clientes, sejam eles internos ou externos a empresa; menores tempos na identificação e solução de problemas; e tomadas de decisões balanceadas.

Entretanto, em primeiro lugar, o que se entende por um projeto? Conforme Roozenburg & EeKels (1995), um projeto pode ser entendido como um processo mental orientado, através do qual problemas são analisados, objetivos são definidos e ajustados, e propostas de solução são desenvolvidas e a qualidade dessas soluções medidas. Sob o enfoque do processo de gerenciamento de projetos, um projeto consiste em “um empreendimento temporário, com o objetivo de criar um produto ou serviço único, que é executado por pessoas e restringido por recursos”, Project Management Institute (2000).

Porém, quando se trata do processo de projeto o importante é destacar que, indiferente do ponto de vista adotado, todo o projeto compartilha em maior ou menor grau de alguns elementos que o caracterizam e são diretamente responsáveis pelo seu resultado. Alguns exemplos destes elementos encontram-se descritos a seguir:

- **Um objetivo:** invariavelmente espera-se de um projeto um resultado final, seja ele um produto ou serviço, tipicamente definido em termos de escopo, custo, tempo e qualidade.
- **Um certo nível de complexidade:** atingir o objetivo de um projeto envolve a execução de várias atividades, sendo que algumas devem ainda ser desempenhadas de forma simultânea. O relacionamento entre todas as atividades de um projeto define o grau de complexidade do mesmo, ou seja, quanto maior a dependência entre as atividades de projeto mais difícil fica de se atingir objetivos de desempenho.
- **A sua característica de unicidade:** um projeto é usualmente único, nunca um empreendimento repetitivo.
- **Um certo grau de incerteza:** todos os projetos são planejados antes de serem executados, mas apesar disto carregam consigo um elemento de risco ou de incerteza.
- **Uma natureza temporária:** um projeto sempre nasce com data de início e de término definidas de acordo com uma determinada concentração temporária de recursos para levar adiante este empreendimento.
- **Um ciclo de vida definido:** os recursos necessários para um projeto variam durante a sua execução conforme uma curva previsível. Assim, faz-se necessário dividir o ciclo de vida de um projeto em fases, procurando alocar adequadamente os recursos disponíveis.

Dentre todos estes elementos ou características que configuram um projeto, as características de unicidade e de incerteza são, geralmente, as principais responsáveis por alguns projetos serem muito mais onerosos do que o estimado e/ou mais demorados do que o previsto.

Neste contexto, procurando evitar que a execução do processo de projeto aconteça de forma diferente da planejada, evoluiu-se daqueles projetos empíricos de tempos remotos para a sua sistematização em metodologias de projeto, propostas originalmente pela escola alemã de engenharia nos anos sessenta, e para modelos de desenvolvimento de produtos, como o de Romano (2000) que associa metodologias de projeto, o ciclo de produção-consumo e o processo de gerenciamento de projetos.

No modelo de desenvolvimento de produtos referenciado, a consideração do ciclo de produção-consumo visa garantir que as empresas identifiquem as reais necessidades e expectativas dos seus consumidores; as metodologias de projeto auxiliam na transformação destas informações em resultados que efetivamente contemplem estas necessidades e expectativas; e o pro-

cesso de gerenciamento de projetos trata das características que são intrínsecas ao projeto, mas não são cobertas pelas ferramentas anteriores.

Embora sempre tenha existido alguma forma de organização na execução de projetos, conforme demonstrado através dos exemplos das Pirâmides do Egito e dos Jardins Suspensos da Babilônia, foi somente a partir dos anos quarenta com o Projeto Manhattam, quando se desenvolveu a primeira bomba atômica, que o processo de gerenciamento de projetos foi reconhecido pelo Departamento de Defesa Norte Americano e há poucos anos que as empresas de modo geral entendem a adoção deste processo como uma necessidade para o desenvolvimento dos seus produtos.

O processo de gerenciamento de projetos, da mesma forma que as metodologias de projeto, visa garantir o atendimento das necessidades e expectativas dos consumidores, mas agora através do uso de "habilidades, ferramentas e técnicas direcionadas ao planejamento, implementação e controle do projeto", Back & Ogliari (2000). Alguns exemplos de bons resultados obtidos pelas empresas que empregam este processo na prática do desenvolvimento dos seus produtos são um maior relacionamento com consumidores e usuários; menores tempos de desenvolvimento; custos mais baixos; e melhores níveis de qualidade e confiabilidade dos produtos.

O processo de gerenciamento de projetos também implica na tomada de decisões balanceadas, embora agora com uma abrangência bem mais ampla. Isto acaba se tornando um desafio, pois a ação ou a falta dela para melhorar um dos objetivos de desempenho acaba afetando todos os outros. Por exemplo, pode-se melhorar o custo de um produto em detrimento da sua qualidade ou ainda diminuir o tempo de execução do seu projeto em função da diminuição do escopo para o desenvolvimento deste produto. Para garantir objetivos de desempenho realistas e um gerenciamento satisfatório de um projeto sugere-se que estes objetivos sejam definidos nos termos das pessoas que deve executá-lo.

O processo de gerenciamento de projetos foi desenvolvido originalmente para atender a um empreendimento em termos de escopo, custo, tempo e qualidade, porém com o desenrolar do tempo evoluiu para um processo mais holístico e regido por valores. Atualmente o processo de gerenciamento de projetos trata também da definição e entrega de projetos bem sucedidos aos consumidores e do desenvolvimento rápido de produtos, englobando técnicas de gerenciamento da qualidade e processos de melhoria do ambiente através de novos níveis de desempenho que demandam em diferentes estilos de trabalho e atitudes.

2.1 OS SUBPROCESSOS DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Conforme mencionado, as necessidades relativas a um projeto variam de acordo com a fase do seu ciclo de vida. Por isto, o processo de gerenciamento de projetos subdivide-se em cinco novos conjuntos de processos que visam atuar pontualmente em cada uma destas fases, sendo que tais conjuntos correspondem aos subprocessos de iniciação, de planejamento, de execução, de controle e de encerramento de um projeto. Os principais objetivos de cada um destes conjuntos de subprocessos encontram-se descritos a seguir:

- **Processos de iniciação de um projeto:** objetivam demarcar o início de um projeto na empresa e assegurar o comprometimento das pessoas envolvidas com a sua execução.
- **Processos de planejamento de um projeto:** objetivam garantir o planejamento e a manutenção de um esquema de trabalho viável para atingir aqueles objetivos estratégicos que determinaram a existência do projeto.
- **Processos de execução de um projeto:** objetivam coordenar as pessoas envolvidas com o projeto e outros recursos de modo a se concretizar o plano de projeto obtido com os processos de planejamento. Conforme Morris (1998), nestes processos acontece uma transição fundamental e pronunciada da concepção para execução, da síntese para a ação, da exploração de opções para implementação de soluções,
- **Processos de controle de um projeto:** objetivam assegurar que os objetivos do projeto estejam sendo atingidos, através da monitoração e avaliação do progresso do projeto. Contemplam também a tomada de ações corretivas quando necessárias.
- **Processos de encerramento de um projeto:** objetivam formalizar o aceite técnico do projeto por parte do consumidor e o fechamento do projeto de uma forma organizada. Neste ponto, sugere-se fazer uma análise global do projeto, procurando padronizar os seus pontos positivos para a sua adoção em futuros projetos e o registro dos seus pontos negativos para não cometê-los novamente.

Conforme mencionado, no item relativo às justificativas para adoção do presente tema de mestrado, todos estes subprocessos apresentam uma relação interativa e iterativa entre eles. Desta forma, as saídas do subprocesso de iniciação de projetos, por exemplo, servem como entradas para o subprocesso subsequente a ele, no caso o de planejamento, e assim consecutivamente. Caso algum destes cinco subprocessos tivesse de ser atualizado ou re-trabalhado, todos os subprocessos relacionados a ele também o teriam de ser. A Figura 2.1 representa o relacionamento existente entre os subprocessos de gerenciamento de projetos.

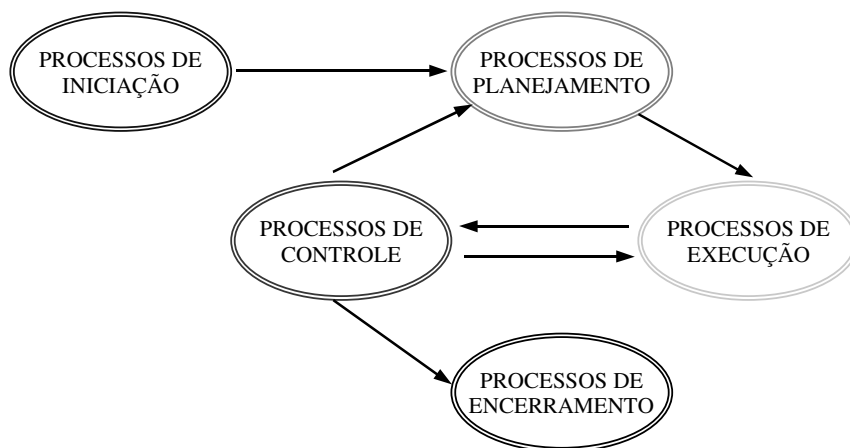


Figura 2.1 - Representação dos subprocessos de gerenciamento de projetos, PMI (2000).

A estrutura apresentada na Figura 2.1 e a maioria das estruturas referentes ao processo de gerenciamento de projetos apresentadas doravante representam a visão do Project Management Institute sobre este processo. Esta opção da equipe de pesquisa que desenvolveu o presente trabalho de tomar o PMI (2000) como referência base se deve ao fato deste instituto ser reconhecido mundialmente pela maioria dos pesquisadores que atuam nesta linha como um aglutinador das idéias vigentes sobre as melhores práticas de gerenciamento de projetos e ao Project Management Institute ter os seus documentos aprovados pela American National Standard Institute (ANSI) como a norma americana de gerenciamento de projetos.

Alguns outros autores, tais como Verzuh (2000), sugerem alternativas de estruturas próprias para o processo de gerenciamento de projetos. O modelo proposto por este autor, em específico, subdivide o processo de gerenciamento de projeto em somente três subprocessos, que são respectivamente os subprocessos de definição, de planejamento e de controle de um projeto. Este modelo não considera a fase de execução do projeto como parte do processo de gerenciamento, nem contempla o seu encerramento conforme se encontra ilustrado na Figura 2.2.

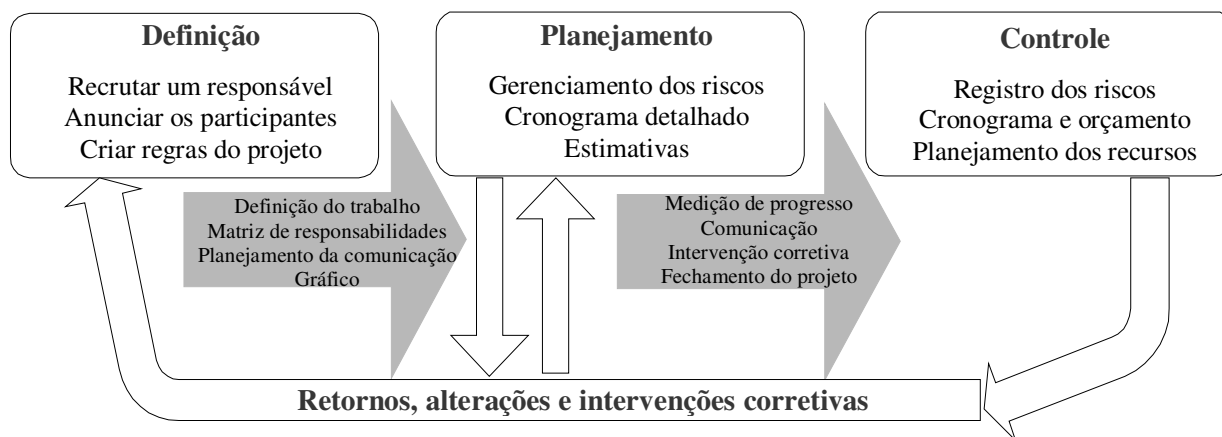


Figura 2.2 – Modelo para o processo de gerenciamento de projetos, Verzuh (2000).

Neste modelo de gerenciamento de projetos proposto por Verzuh (2000) e representado na Figura 2.2 o subprocesso de definição do projeto trata do estabelecimento do responsável pelo projeto, da configuração da equipe de desenvolvimento e das regras para o projeto; o subprocesso de planejamento cobre a parte de desenvolvimento do plano de projeto e de gerenciamento dos possíveis riscos durante a execução deste plano; e o subprocesso de controle funciona da mesma forma que na estrutura do PMI (2000) atuando em paralelo com os dois subprocessos anteriores de forma iterativa visando promover eventuais retornos, alterações ou intervenções corretivas que se façam necessárias para garantir os resultados esperados do projeto.

2.2 O PROCESSO DE GERENCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

O processo de gerenciamento do desenvolvimento de produtos corresponde ao próprio processo de gerenciamento de projetos relacionado à descrição e a organização do trabalho inserido no processo de desenvolvimento de um produto. Conforme Romano (2000), pode-se inclusive afirmar que o desenvolvimento integrado de produtos pode ser alcançado através do arrolamento sistemático dos processos de projeto e de gerenciamento, considerando as informações provenientes do ciclo de produção-consumo.

Segundo Cheng (2000), o processo de gerenciamento do desenvolvimento de produtos pode ser visto sob várias perspectivas e segundo dois âmbitos: o acadêmico e o empresarial. No âmbito acadêmico e do ponto de vista da engenharia de produção, poder-se-ia obter de forma imediata um mapa deste processo caso a sua área de conhecimento fosse esquematizada em duas dimensões: na primeira dimensão, representada pelo eixo vertical de um gráfico, estaria o horizonte de planejamento deste processo de desenvolvimento, evoluindo desde o extremo do planejamento estratégico da empresa até o extremo do planejamento operacional de um projeto e na outra dimensão representada pelo eixo horizontal do gráfico estaria o ciclo do desenvolvimento de produtos, que inicia com a geração de idéias, evolui pelas fases de pesquisa de mercado, de seleção dos conceitos, de projeto do produto, de projeto dos processos e de pré-produção, culminando no lançamento do produto. Todas estas fases requisitam uma série de conhecimentos que necessitam da participação, simultânea ou não, de diversas áreas funcionais da empresa.

Do ponto de vista empresarial, Cheng (2000) procurou delinear as fronteiras deste processo a partir do retorno obtido com a aplicação de um questionário no setor industrial. Com isto, este pesquisador conseguiu expandir os seus horizontes, representados nos eixos vertical e horizontal do gráfico extrapolado acima, para uma estruturação das dimensões e tópicos relacionados

com o processo de gerenciamento do desenvolvimento de produtos. O resultado desta proposta de estruturação encontra-se representado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Modelo de gerenciamento do desenvolvimento de produtos, Cheng (2000).

TÓPICOS	
I	Avaliação do Desenvolvimento de Produtos <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Avaliação de desempenho. <input type="checkbox"/> Identificação dos fatores contribuintes de sucesso.
II	Estratégico: Empresa / Projetos <p>A – Processo</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Gestão de <i>portfolio</i>: Alinhamento estratégico, maximização de valor e balanceamento entre projetos. <input type="checkbox"/> Renovação contínua da plataforma de produtos da empresa. <input type="checkbox"/> Dimensionamento da capacidade instalada. <p>B – Organização</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Integração interorganizacional. <input type="checkbox"/> Integração interfuncional.
III	Operacional / Projeto <p>A- Processo de Desenvolvimento</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Obtenção da voz do cliente. <input type="checkbox"/> Segmentação. <input type="checkbox"/> Estabelecimento do conceito. <input type="checkbox"/> Projeto do produto. <input type="checkbox"/> Projeto do processo. <input type="checkbox"/> Preparação para produção. <input type="checkbox"/> Lançamento. <input type="checkbox"/> Redução do tempo de desenvolvimento. <p>B- Organização do Grupo de Desenvolvimento</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Trabalho em grupo. <input type="checkbox"/> Desenvolvimento de competência individual e coletiva.

Segundo a Tabela 2.1 o processo de gerenciamento do desenvolvimento de produtos no âmbito empresarial inicia pela análise do processo de desenvolvimento da empresa adotado naquele momento e dos fatores que contribuíram, ou não, para o sucesso dos seus projetos. Uma próxima etapa ainda de análise, embora agora em nível estratégico, se divide segundo os pontos de vista de negócios e de projetos. Do ponto de vista de negócios é analisado se os projetos da empresa estão convergindo por um mesmo caminho de migração para um objetivo comum, o espaço de sonhos da empresa, normalmente designado de objetivo estratégico e também se todos os setores da organização estão comprometidos para com este objetivo. Do ponto de vista de projetos se gerencia o projeto em termos operacionais, ou seja, desde a fase de levantamento das necessidades dos consumidores até a otimização da execução dos projetos da empresa por meio das melhores práticas advindas de cada projeto realizado anteriormente.

Os pesquisadores Back & Ogliari (2000) também propuseram o seu modelo para o pro-

cesso de gerenciamento do desenvolvimento de produtos, sendo que neste modelo o processo de desenvolvimento de produtos sugerido por Romano (2000) encontra-se delineado em um contexto de engenharia simultânea¹, no qual as atividades do processo de projeto, divididas segundo quatro fases distintas, correspondem ao núcleo do processo de desenvolvimento de produtos, suportado pelas ferramentas da metodologia de projeto elaborada no NeDIP, Back & Forcellini (2000), pelo processo de gerenciamento de projetos segundo o PMI (2000), e pelas informações oriundas do ciclo de produção-consumo. A Figura 2.3 representa o referido modelo de gerenciamento do desenvolvimento de produtos.

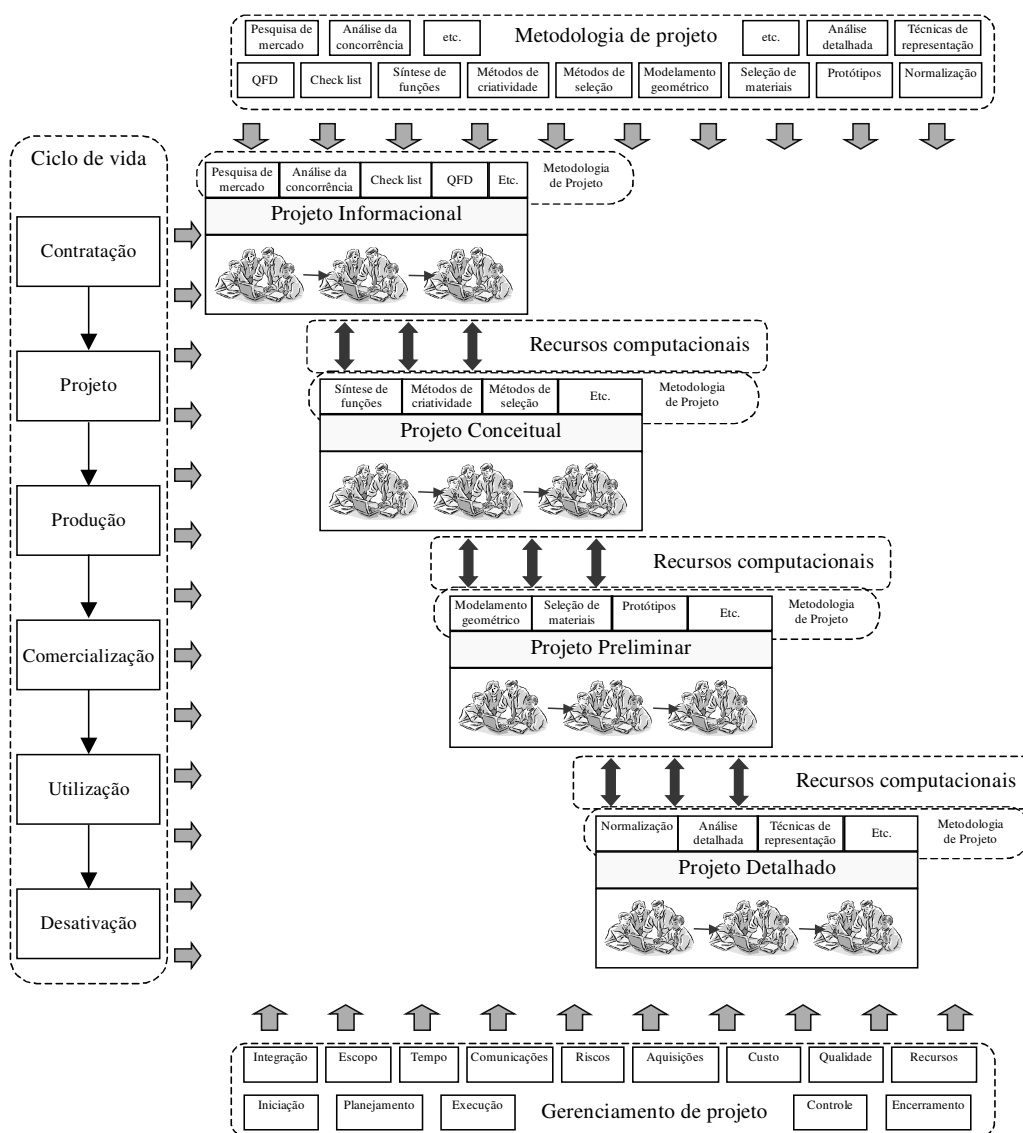


Figura 2.3 – Modelo de gerenciamento do desenvolvimento de produtos, Back & Ogliari (2000).

Segundo estes pesquisadores, os princípios de engenharia simultânea, considerados neste modelo, encontram-se embutidos no paralelismo existente entre as atividades de projeto, na con-

¹ Engenharia simultânea é uma abordagem sistemática que considera todos os aspectos do gerenciamento do ciclo de vida do produto, incluindo a integração do planejamento, projeto, produção e processos relacionados. (Prasad et al., 1998).

figuração das equipes de desenvolvimento de produtos, no compartilhamento de informações e no uso de ferramentas computacionais de apoio ao projeto.

Quanto aos subprocessos de gerenciamento de projeto propostos pelo Project Management Institute (2000), eles se encontram implicitamente inseridos tanto na estrutura proposta por Cheng (2000), quanto no modelo sugerido por Back & Ogliari (2000), respeitando a mesma seqüência consensualizada por este instituto, dos processos de iniciação até os processos de encerramento de um projeto. No entanto, acredita-se que os subprocessos de gerenciamento de projetos somente se relacionam com o modelo empresarial proposto por Cheng (2000) na fase operacional do seu modelo, enquanto no modelo proposto pelos pesquisadores Back & Ogliari (2000) estes subprocessos acompanham sistematicamente todo o processo de desenvolvimento de produtos.

2.3 O PROCESSO DE PLANEJAMENTO

Fazer planos é uma ação conhecida pelo homem, muito provavelmente, desde que ele se deu conta da sua capacidade de pensar antes de agir. Desenhos indicando como deveriam ser executadas determinadas construções, quando as suas atividades eram muito complexas ou exigiam o envolvimento de várias pessoas, não são achados muito raros para historiadores ou arqueólogos. Entretanto, conforme afirma Ferreira (1979), aparentemente foi somente com o desenvolvimento comercial e industrial, advento do capitalismo, que a preocupação em se planejar invadiu a área da economia e então se propagou para as demais áreas.

Segundo Back & Ogliari (2000), existem algumas definições que conceitualizam o processo de planejamento de acordo com a sua contextualização, que são:

- O processo de planejamento significa, do ponto de vista empresarial, selecionar os objetivos estratégicos que se pretende atingir em uma determinada empresa durante um certo período de tempo e estabelecer, então, as políticas, procedimentos e programas para atendê-los.
- O processo de planejamento do ponto de vista de projetos pode ser entendido tanto como o *estabelecimento de um curso predeterminado de ações, dentro de um ambiente previsto, como uma seqüência de tomadas de decisão*, uma vez que um projeto envolve constantes seleções de alternativas de soluções e/ou recursos.

Ainda se tratando do planejamento do ponto de vista de projetos, os pesquisadores Gido & Clements (1998) entendem esta forma de planejamento “como um arranjo sistemático de atividades para realizar um objetivo que é representado por um plano”. Tal plano, por sua vez, funciona como uma régua para se acompanhar o desempenho do projeto, sendo que, no caso de o-

correrem desvios do esperado, ações corretivas podem e devem ser tomadas imediatamente para mantê-lo no seu prumo. Equipes de desenvolvimento de produto devem planejar o trabalho a ser executado e então desenvolvê-lo a partir do plano de projeto.

Todas estas diferentes acepções para o processo de planejamento podem ser visualizadas mais claramente a partir do processo de desenvolvimento de produtos proposto por Wheelwright & Clark (1992) *apud* Romano (2000) ou, como é popularmente conhecido, através do “Funil de Desenvolvimento de Produtos” devido a ele apresentar uma visão mais alta ou global deste processo do que os modelos propostos pelo próprio Romano (2000) e pelos pesquisadores Back & Ogliari (2000). A Figura 2.4 representa o modelo proposto por Wheelwright & Clark (1992):

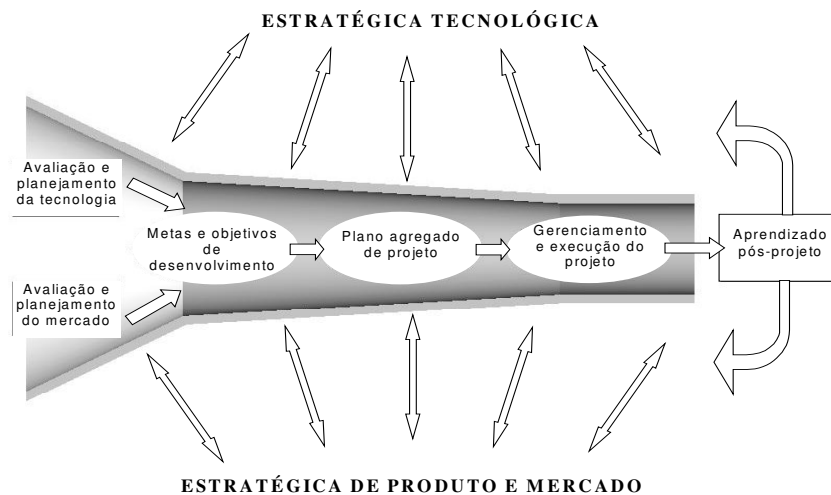


Figura 2.4 – Funil de desenvolvimento de produtos, Romano (2000).

O modelo do funil de desenvolvimento de produtos sugere que se inicie este processo pela avaliação e planejamento da tecnologia disponível no momento e análise do mercado consumidor. Neste primeiro momento de planejamento são estabelecidos as metas e os objetivos de desenvolvimento para a empresa nos seus próximos anos. De posse destes objetivos estratégicos, a alta gerência da empresa seleciona, de acordo com a sua capacidade organizacional, um conjunto de projetos que serão os responsáveis pelo atendimento de tais objetivos, sendo que esta primeira forma de planejamento, a qual considera a organização como um todo, é usualmente denominada de Planejamento Estratégico (PE).

Cada projeto selecionado para ser desenvolvido pela empresa nos próximos anos é então planejado novamente, porém agora em um nível bem mais minucioso, no qual se elaboram planos de projeto individuais, alinhados com a estratégia de negócios da empresa. Neste momento, se insere o processo de gerenciamento de projetos neste modelo, da forma apresentada pelo Project Management Institute (2000), ou seja, este planejamento mais bem detalhado de cada um

dos projetos da empresa corresponde exatamente ao subprocesso de planejamento de projetos mencionado anteriormente.

Finalmente, após definir o programa de projetos que devem ser desenvolvidos pela empresa e realizar o planejamento individual de cada um destes, pode-se executar e controlar cada fase da metodologia de projeto adotada para suportá-los.

Assim, distinguem-se basicamente duas formas de planejamento, que são: o planejamento estratégico (no qual são definidos as metas e os objetivos da empresa) e o planejamento de projetos (quando são executados vários processos interativa e iterativamente para a obtenção de um plano de desenvolvimento para o produto), sendo que o interesse deste trabalho de pesquisa reside, conforme salientado anteriormente, especificamente sobre o processo de planejamento de projetos.

2.4 O PROCESSO DE PLANEJAMENTO DE PROJETOS

O processo de planejamento de projetos tem como objetivo principal *definir por completo, todo e somente, o trabalho necessário para um projeto, de forma que ele possa ser prontamente identificado e entendido por todos os seus participantes*, sendo que este processo de planejamento se aplica a qualquer projeto de produtos ou serviços.

No caso do planejamento do projeto de produtos industriais, o diferencial encontra-se no fato de que o trabalho a ser definido remete o desenvolvimento de produtos, ou seja, o plano de projeto pode ser estruturado ou a partir da metodologia de projeto que sustenta este processo de desenvolvimento ou até mesmo dos resultados esperados deste projeto, sendo que indiferentemente do caminho escolhido para se realizar o planejamento do projeto, o seu resultado será sempre uma filosofia, uma estrutura e um formato de informações que facilitam a obtenção destas informações de forma imediata pela equipe de desenvolvimento que executa o projeto quando necessário, segundo a visão de Owen (1998).

Tem-se constatado que a aplicação adequada deste processo acarreta em resultados compensadores, como por exemplo, a redução significativa de alterações dos recursos alocados para, do cronograma e das prioridades de um projeto.

Os pesquisadores Slack et. al. (1997) propuseram os seus objetivos para este processo, sendo que tais objetivos especificam de forma mais direta quais são os possíveis resultados desta “definição por completo de todo, e somente, o trabalho necessário para um projeto”. Segundo estes autores, o processo de planejamento de projetos destina-se a quatro propósitos principais:

- Determinação do custo e da duração do projeto.

- Determinação do nível de recursos necessários para ele e alocação do trabalho.
- Monitoração do progresso do projeto.
- Avaliação do impacto de possíveis mudanças.

Ciente dos objetivos do processo de planejamento de projetos, o problema em questão passa agora a ser como alcançá-los? Neste sentido, existem algumas propostas de estruturação e de procedimentos para este processo. Dinsmore (1992), por exemplo, afirma que o processo de planejamento de projetos, da mesma forma que o processo de desenvolvimento de produtos, também pode ser entendido segundo diferentes acepções e sugere a divisão deste processo conforme dois pontos de vista, que são: o ponto de vista técnico e o gerencial.

Segundo Dinsmore (1992), o planejamento de projetos do ponto de vista técnico está relacionado com a execução de uma metodologia e inclui alguns tópicos, tais como, a definição dos objetivos, a identificação e o seqüenciamento das atividades, a identificação de recursos e a estimativa de tempos para um projeto, à medida que o planejamento de projetos do ponto de vista gerencial se relaciona com a coordenação do dia-a-dia do projeto e envolve toda a articulação política, a configuração da equipe de desenvolvimento, programas de treinamento e a realização de auditorias de projeto.

O Project Management Institute (2000), por sua vez, não trata de um único processo de planejamento de projetos, mas sim de um conjunto de processos dos quais resultam os seus planejamentos e ainda classifica estes processos sob duas categorias, a dos processos principais e a dos processos facilitadores.

Os processos de planejamento de projetos principais, objetivo de estudo deste trabalho, encontram-se novamente divididos em quatro fases distintas, sendo que o conteúdo de cada uma delas encontra-se descrito a seguir:

- **Planejamento do escopo do projeto:** Consiste na definição dos objetivos a serem alcançados com o projeto, dos responsáveis pelo atendimento destes objetivos e na obtenção dos principais itens de trabalho a serem realizados.
- **Planejamento das atividades de projeto:** nesta fase, o plano de projeto adquire um nível maior de detalhamento, com a definição de etapas ou das atividades de projeto e dos recursos necessários para realizá-las (tecnologias, equipamentos, materiais e pessoal).
- **Planejamento da programação do projeto:** nesta fase é realizado o seqüenciamento das atividades do plano de projeto, estimado o tempo para a execução de cada uma destas atividades, estimado o custo de executá-las, delimitadas as interfaces entre projeto e produto, e abstraído um plano de avaliação e controle da sua execução.

- **Configuração do plano de projeto:** finalmente, organizam-se as informações coletadas nas saídas dos processos anteriores para se obter um documento que oriente a equipe de projeto durante a execução e controle do processo de desenvolvimento de produtos.

A Figura 2.5 representa todos os processos de planejamento de projetos principais e o relacionamento existente entre eles.

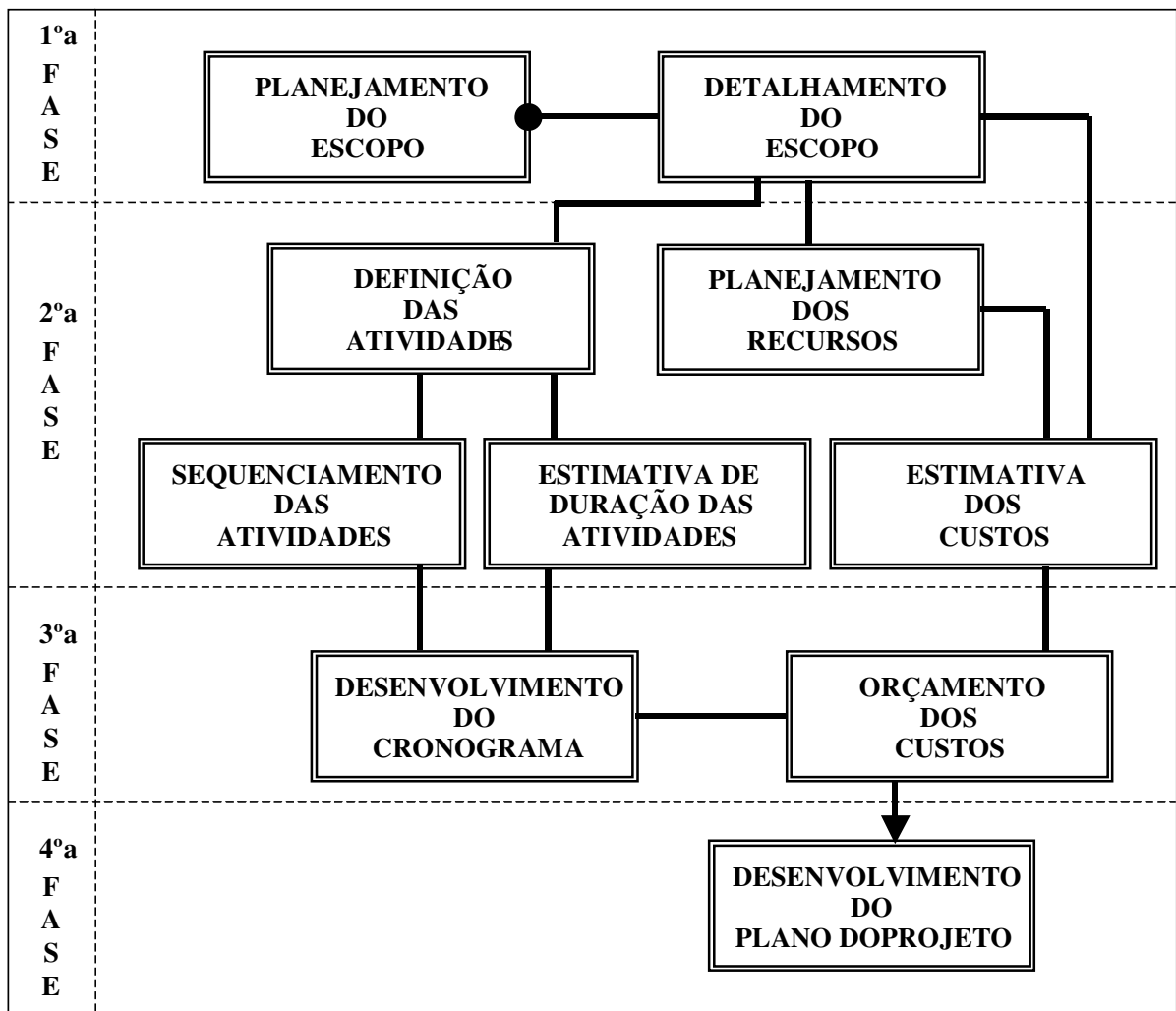


Figura 2.5 - Estrutura dos processos de planejamento de projetos, PMI (2000).

Idêntico aos pesquisadores anteriores, Slack et. al. (1997) propuseram uma outra forma de estruturação para este processo. Tal configuração foi desenvolvida com base nos objetivos específicos descritos anteriormente que eles mesmos haviam definido para o processo de planejamento de projetos. Nesta estrutura, o processo de planejamento de projetos encontra-se dividido da seguinte maneira:

- **Identificação das atividades de projeto:** procura-se desdobrar as atividades de projeto de forma análoga a uma árvore genealógica ou hierárquica, denominada de estrutura de desdobramento do trabalho. Inicia-se especificando as atividades principais para o projeto, que são

divididas repetidamente em atividades menores, até que uma série de atividades bem definidas e gerenciáveis seja identificada. Para cada uma destas atividades são alocados objetivos próprios em termos de escopo, custo, tempo e qualidade.

- **Estimativa de tempos e recursos:** nesta fase são identificados os requisitos de tempo e recursos para as atividades de projeto. As estimativas tendem a ser aproximadas no início do projeto e a refinarem-se conforme for evoluindo a sua execução, devido à aquisição contínua de informações. A precisão das estimativas de tempo e recursos para se executar as atividades de projeto depende de quanto tempo e dinheiro a empresa pretende ou pode despende para obtê-las, do nível de conhecimento da equipe de desenvolvimento, das possíveis conseqüências de uma decisão errada e de um atraso do projeto.

- **Identificação das relações e dependências:** consiste no relacionamento das atividades de projeto segundo a lógica inerente à sua área de aplicação ou domínio, ou seja, no estabelecimento das atividades que precisam de outras para poderem ser realizadas e das atividades que podem ser executadas de forma independente e em paralelo com as outras.

- **Identificação das limitações de programação:** consiste na comparação dos requisitos de projeto com os recursos disponíveis.

- **Preparação da programação:** resume-se em estabelecer o seqüenciamento das atividades desdobradas, otimizado em função dos objetivos predeterminados para o projeto.

Pode-se perceber em todas estas estruturações sugeridas para o processo de planejamento de projetos que os processos de planejamento de projetos principais propostos pelo Project Management Institute (2000), o procedimento sugerido pelo pesquisador Slack et. al. (1997) e o processo de planejamento de projetos técnicos de Dinsmore (1992) enfocam os mesmos objetivos ou resultados, ou seja, um plano de projeto. Da mesma forma que os processos facilitadores do Project Management Institute (2000) e o processo de planejamento de projetos gerencial de Dinsmore (1992) tratam do dia-a-dia do projeto, sendo que os processos principais de planejamento de projetos relacionados diretamente com as lacunas exploradas neste trabalho serão abordados nos capítulos posteriores desta dissertação de mestrado.

2.5 O PROCESSO DE PLANEJAMENTO DE PROJETOS VERSUS EQUIPES DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Tem-se falado muito até o presente momento na importância de se planejar um projeto de forma adequada e dos resultados que podem ser obtidos desta maneira pelas empresas industriais. Entretanto, conforme mencionado anteriormente, o Project Management Institute (2000)

estruturou o processo de planejamento de projetos em dois conjuntos de processos fundamentais, os processos principais e os facilitadores, procurando sistematizá-lo e otimizar os seus resultados. Dentre estes processos, existem muitos outros, além daqueles processos principais explorados neste trabalho, que também são críticos para o sucesso de um projeto e devem ser pelo menos considerados nesta dissertação de mestrado.

Por exemplo, não adiantaria nada definir e seqüenciar da melhor maneira possível as atividades de um projeto se uma equipe ineficiente ou desestimulada de desenvolvimento de produtos fosse executar estas atividades posteriormente, ou ainda, se no momento de alocar os recursos para as atividades do projeto não houvesse disponibilidade da força de trabalho necessária para se atender os objetivos de desempenho necessários. Por isto, pretende-se agora abordar sucintamente o processo de configuração de equipes de desenvolvimento de produtos relacionado com o processo de planejamento do projeto de produtos industriais.

Antes de qualquer coisa, julga-se necessário apresentar a configuração usual de uma equipe de desenvolvimento de produtos. Normalmente, estas equipes de desenvolvimento são configuradas de forma similar a estrutura proposta por Verzuh (2000) e descrita na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Estrutura da equipe de projeto, Verzuh (2000).

PAPEL	CONTRIBUIÇÃO
Gerente de Projetos	Pessoa que define, planeja, controla e lidera o projeto.
Equipe de Projeto	Pessoas com habilidade e empenho para executar as atividades que constituem o projeto.
Patrocinador	Pessoa com autoridade, que dirige e mantém a prioridade do projeto perante a empresa.
Cliente	Contratante que define as exigências do produto e controla as verbas.
Gerente Funcional	Pessoa responsável pela política da empresa e controle dos recursos em cada área operacional envolvida no projeto.

Pode-se notar nesta proposta de configuração que a responsabilidade pelo projeto encontra-se centrada na pessoa do gerente de projetos, ou seja, naquela pessoa que *define, planeja, controla e lidera o projeto*, enquanto a responsabilidade sobre os executores das atividades de projeto reside no gerente de cada uma das áreas funcionais da empresa envolvidas pontualmente neste trabalho. Embora não se tenha comentado nada ainda sobre estruturas organizacionais, esta proposta de configuração de equipes de projeto parece ser mais apropriada para uma estrutura organizacional funcional, em que geralmente os gerentes de cada área funcional priorizam o desempenho das suas áreas em detrimento do comprometimento com o projeto como um todo, uma vez que a responsabilidade do projeto fica diretamente centrada sobre o gerente de projetos.

Entretanto, o que se prega atualmente na literatura e também se constata no dia-a-dia das empresas é que as equipes de desenvolvimento devem ser muito mais horizontalizadas, ou seja, todos os seus integrantes devem ser e se sentir responsáveis pela definição, planejamento e controle do projeto, sendo que o diferencial do gerente ou líder do projeto para o restante dos seus colegas reside somente no seu papel de aglutinador, devendo integrar e suportar o trabalho do time de projeto durante todo o desenvolvimento de um produto.

Gostaria de se salientar que um projeto é executado por pessoas que podem, ou não, concretizar as atividades listadas no plano de projeto. Nem sempre a configuração proposta por Verzuh (2000) é a mais apropriada para um projeto ou processo de desenvolvimento de produtos, dependendo muito da magnitude do projeto sendo desenvolvido. Deve-se especificar em primeiro lugar se a empresa está iniciando um projeto simples ou complexo, que envolva um montante de recursos significativo ou não nos resultados da empresa e assim por diante. Existem muitos fatores que devem ser considerados antes de se estruturar uma equipe de pessoas, e ainda pessoas são emotivas, agem por impulsos, ou seja, se elas não se sentirem parte do processo, elas não vão fazê-lo acontecer e então por melhor que seja o plano de projetos, o desenvolvimento deste produto estará fadado ao fracasso.

Neste sentido, pode-se perceber que a função do gerente ou líder de projeto é determinante para o sucesso do mesmo, ela deve ter desenvolvido a capacidade de envolver pessoas, de tratá-las como elas gostariam de ser tratadas e ainda mantê-las motivadas durante todo o tempo do desenvolvimento do produto. A literatura em geral aconselha a se adotar algumas recomendações básicas relativas à configuração e manutenção de equipes de desenvolvimento de produtos para que elas não se transformem em obstáculos ao bom andamento do projeto. Dentre elas, se considerou importante mencionar que os objetivos de desempenho para um projeto devem ser definidos nos termos das pessoas que executam cada uma das suas atividades, principalmente quando se trata de objetivos de desempenho de escopo e tempo, e nunca de acordo com o discernimento de uma única pessoa que naturalmente não possui o conhecimento específico necessário para desempenhar todas as atividades pertinentes ao desenvolvimento de um produto.

A equipe de desenvolvimento deve primar pela multi-disciplinaridade dos seus integrantes, visto que mesclando pessoas e culturas diferentes se obtém uma visão muito mais ampla de um processo e, muito provavelmente, se consegue obter melhores resultados em termos de produto, em menos tempo e com menor custo (Estrutura organizacional por projetos).

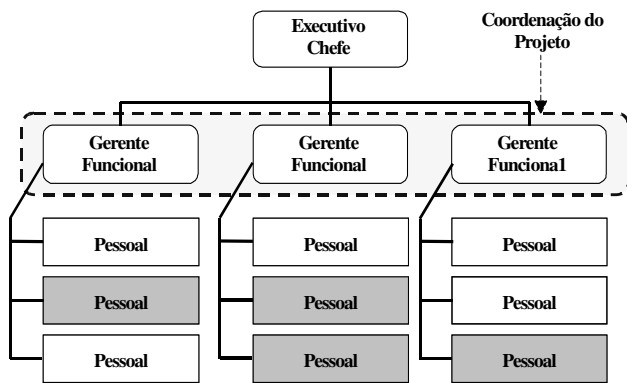
Enfim, a estrutura de uma equipe de desenvolvimento deve ser configurada de acordo com o tamanho do projeto, a sua complexidade e os recursos requeridos para ele, independente da opção adotada, deve-se configurá-la o quanto antes neste processo de desenvolvimento, transferindo a responsabilidade sobre o produto para este time.

2.6 O PROCESSO DE PLANEJAMENTO DE PROJETOS VERSUS ESTRUTURAS ORGANIZACIONAIS

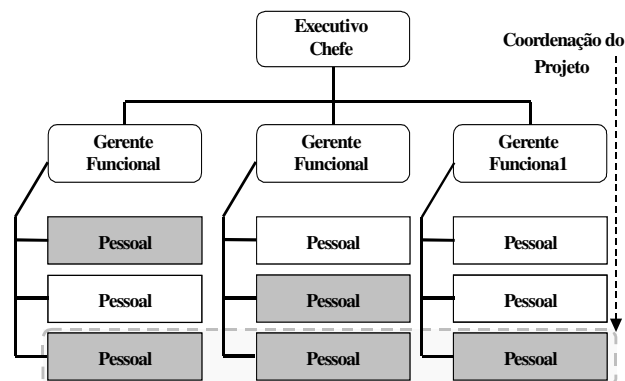
No item anterior mencionou-se alguma coisa sobre estruturas organizacionais, no entanto, deve-se destacar a sua importância. Se um bom plano de projeto e os seus resultados, em termos de produto, dependem da configuração adequada das pessoas que irão executá-lo, tal configuração, por sua vez, depende da estrutura organizacional adotada pela empresa.

Segundo Back & Ogliari (2000), existem várias alternativas de estruturas organizacionais destinadas a auxiliar a suprir as necessidades de inovação e variabilidade de produtos; de redução do tempo e dos custos de desenvolvimento; e de aumento de competitividade e da capacidade de atender ao consumidor da empresa, sendo que algumas destas estruturas são mais tradicionais e outras propostas recentemente. Ainda deve-se lembrar que podem ser encontradas dentro de uma mesma empresa várias equipes de desenvolvimento direcionadas para diferentes segmentos e configuradas sob diferentes estruturas organizacionais, por exemplo, pode-se ter equipes de desenvolvimento configuradas em cima de uma estrutura funcional para executar projetos de redução de custos e melhorias de qualidade e ao mesmo tempo equipes trabalhando em paralelo que foram configuradas por projetos para executarem projetos de desenvolvimento de novas plataformas de produtos.

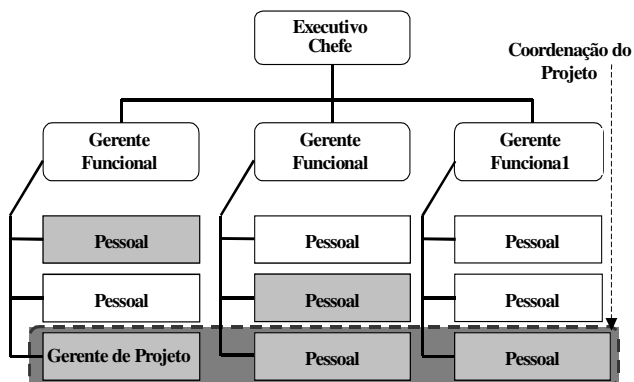
Dentre todas as alternativas de estruturas organizacionais, as que são mais facilmente identificadas nas empresas industriais têm sido a estrutura organizacional funcional, a estrutura organizacional matricial e a estrutura organizacional por projetos. A seguir se encontram representadas possíveis configurações de equipes de desenvolvimento de produtos de acordo com cada uma destas alternativas de estrutura organizacional na Figura 2.6 e uma breve descrição de cada uma delas seguida das suas principais vantagens e/ou desvantagens.



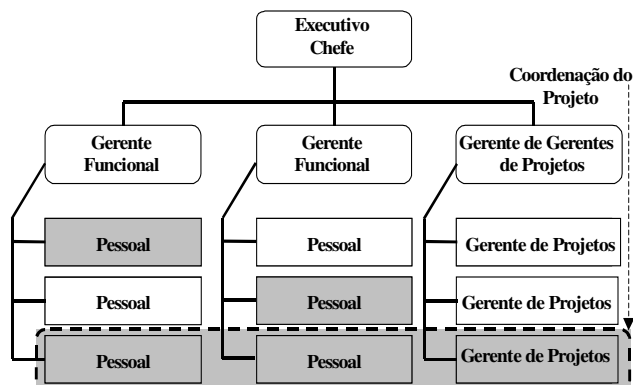
As caixas pretas representam os funcionários alocados nas atividades de projeto.
ESTRUTURA FUNCIONAL



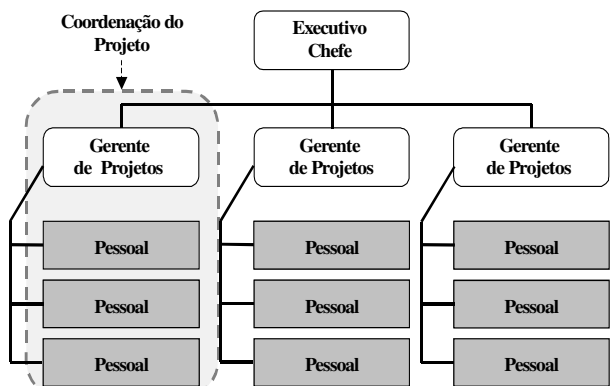
As caixas pretas representam os funcionários alocados nas atividades de projeto.
ESTRUTURA MATRICIAL FRACA



As caixas pretas representam os funcionários alocados nas atividades de projeto.
ESTRUTURA MATRICIAL BALANCEADA



As caixas pretas representam os funcionários alocados nas atividades de projeto.
ESTRUTURA MATRICIAL FORTE



As caixas pretas representam os funcionários alocados nas atividades de projeto.
ESTRUTURA POR PROJETOS

Figura 2.6 - Alternativas de estruturas organizacionais, Back & Ogliari (2000).

- Estrutura Organizacional Funcional

A estrutura organizacional funcional encontra-se representada no primeiro fluxograma da Figura 2.6, sendo que neste tipo de estrutura o fluxo do trabalho de projeto segue pelos canais do organograma tradicional da empresa, desmembrando-se entre as várias especialidades técnicas necessárias ao projeto. Como as atividades de projeto geralmente são desempenhadas à medida que entram na diferentes áreas funcionais envolvidas no projeto e são tratadas de forma independente do restante das atividades deste projeto, não existe um gerente ou líder para este tipo de equipe de desenvolvimento. Caso fosse necessário responsabilizar alguém pelo resultado dos projetos da empresa, esta atribuição ficaria a cargo dos gerentes funcionais da empresa. Dentre as suas vantagens e desvantagens destacam-se respectivamente as seguintes:

Vantagens

1. Facilita o controle do custo de cada atividade e a confecção de orçamentos, uma vez que se sabe especificamente quem irá fazer o que.
2. Melhora o controle técnico do projeto, devido aos especialistas da empresa compartilharem conhecimentos e responsabilidades.
3. Aumenta a flexibilidade no uso da mão-de-obra, pois os mesmos especialistas são designados para diferentes projetos, promovendo uma larga base de mão-de-obra.
4. Permite maior controle sobre os recursos humanos.
5. Estabelece canais de comunicação verticais bem definidos, aumentando a capacidade de resposta da empresa, dependendo da priorização das atividades.

Desvantagens

1. Nenhum indivíduo é diretamente responsável pelo projeto, comprometendo a coordenação do projeto e manutenção de prazos, bem como não existe um comprometimento em particular com nenhum projeto em especial.
2. A motivação e inovação no projeto são bem menores.
3. As decisões geralmente favorecem ao grupo funcional mais forte.
4. O foco do trabalho não é voltado ao consumidor, comprometendo desta maneira as respostas às suas necessidades e expectativas.
5. As idéias e soluções são orientadas funcionalmente, com pouca preocupação global com o produto que está sendo desenvolvido.

- Estrutura Organizacional por Projetos

Corresponde ao último fluxograma da Figura 2.6 e, neste caso, a empresa ou um segmento dela é estruturado em função de um programa de projetos que está sendo desenvolvido no momento, alocando para isto todo o seu recurso humano e infra-estrutura disponível em torno

dos seus projetos. Neste tipo de estrutura organizacional existe uma pessoa nomeada pela alta gerência da empresa que é a responsável direta por conduzir o trabalho da equipe. Dentre as vantagens e desvantagens deste tipo de estrutura organizacional destacam-se as seguintes:

Vantagens

1. Promove uma completa autoridade sobre o projeto e conseqüentemente uma maior fidelidade e moral da equipe que o desenvolve.
2. Possibilita que produtos não lucrativos sejam facilmente identificados e eliminados do programa da empresa, devido à autoridade quanto ao projeto se concentrar na equipe que o desenvolve.
3. Apresenta fortes canais de comunicação desenvolvendo um foco para as relações com os consumidores.
4. Possibilita a manutenção da especialidade técnica em um determinado projeto sem compartilhar pessoal chave.
5. Permite reações rápidas às mudanças de mercado.
6. Promove uma maior flexibilidade na determinação de tempos, cronogramas, custos e no balanceamento dos objetivos de desempenho do produto.
7. Facilita o gerenciamento de interfaces devido à redução de unidades envolvidas.

Desvantagens

1. Aumenta os custos devido à duplicação de esforços, estrutura e pessoal.
2. Estimula uma tendência de se manter o time no projeto além do tempo necessário e a ocorrer falta de continuidade nas carreiras e de oportunidades de aperfeiçoamento para o pessoal do projeto.
3. Compromete a tecnologia devido à falta de grupos funcionais fortes e de intercâmbio técnico entre os projetos.

- Estrutura Organizacional Matricial

Esta forma de estrutura organizacional encontra-se representada pelos três fluxogramas centrais da Figura 2.6 e representa um meio termo entre as alternativas de estruturação organizacional funcional e por projetos. Neste tipo de estrutura, os recursos humanos encontram-se organizados da maneira clássica, ou seja, conforme o organograma empresarial, entretanto, são alocados em equipes conforme a necessidade do programa de projetos empresarial, o que se torna viável devido ao fato de que embora as pessoas continuem nos seus postos de trabalho, existe toda uma transferência da responsabilidade pelo projeto da empresa para a equipe formada por elas e por em alguns casos existir uma pessoa nomeada em especial para fazer a ponte entre o

time e a empresa.

Existem três tipos de estruturas organizacionais matriciais, diferenciadas exatamente pela existência e atuação desta liderança do projeto, que são: a estrutura matricial fraca (na qual o poder de decisão sobre a execução das atividades de projeto se encontra com os gerentes funcionais que respondem pelos recursos humanos utilizados no processo de desenvolvimento); estrutura matricial balanceada (na qual existe uma equiparação de poder entre os gerentes funcionais e um membro da equipe designado pela empresa para atuar como o gerente de projetos); e a estrutura matricial forte (na qual o gerente de projetos nomeado pela alta gerência tem autoridade total sobre o projeto e os recursos humanos vinculados a ela).

Segundo os pesquisadores Ford & Randolph (1998) a estrutura matricial associa construtivamente a programação orientada ao projeto (no que diz respeito ao compartilhamento de pessoas) com a orientação funcional (no que se refere à manutenção da especialidade técnica) em um relacionamento novo e sinérgico. Dentre as suas vantagens e desvantagens destacam-se respectivamente as seguintes:

Vantagens

1. Estabelece canais de comunicação laterais que aumentam a frequência de comunicação entre as diferentes áreas funcionais, bem como mantém a quantidade e qualidade das informações que fluem verticalmente.
2. Aumenta a flexibilidade no uso de especialistas humanos e recursos capitais, minimizando o custo.
3. Permite o compartilhamento de autoridade e responsabilidade para com o projeto, fortalecendo a motivação individual, a satisfação com o trabalho, o compromisso e o desenvolvimento pessoal.
4. Facilita o alcance da excelência técnica.
5. Possibilita a definição de políticas e procedimentos independentes para cada projeto.
6. Maximiza a capacidade de atender a conflitos e necessidades de projeto.
7. Utiliza a estrutura funcional como um suporte ao projeto.
8. Permite que cada pessoa continue se desenvolvendo individualmente após o encerramento do projeto.

Desvantagens

1. Quebra o paradigma referente ao fluxo tradicional de autoridade, gerando nos gerentes funcionais um sentimento de perda de controle, insegurança e erosão de autoridade.
2. Conduz a ambigüidades no controle de recursos, responsabilidades para assuntos técnicos e gerenciamento dos recursos humanos, aumentando os custos indiretos e com pessoal na

empresa.

3. Cria conflitos organizacionais entre gerentes funcionais e de projetos e conflitos pessoais entre indivíduos que devem trabalhar juntos, mas possuem diferentes perspectivas quanto ao trabalho, horizontes e objetivos.

Para se optar por qualquer uma destas alternativas de estrutura organizacional deve-se ponderar sobre as suas vantagens e desvantagens de cada uma delas e analisar, em conjunto, quatro fatores básicos: a complexidade, a diversidade, a dinamicidade e o tamanho das atividades envolvidas nos projetos da empresa e então configurar as suas equipes de desenvolvimento que deverão executá-las.

A definição de atividades de projeto simples viabilizaria a adoção de uma estrutura organizacional funcional e configuração de uma equipe de desenvolvimento conforme a proposta por Verzuh (2000), enquanto atividades mais complexas requereriam uma estrutura organizacional mais apropriada, que maximizasse a capacidade de resposta da empresa, que fosse muito mais dinâmica.

A maioria dos pesquisadores tem apontado a estrutura organizacional matricial balanceada como a forma mais efetiva para se obter os resultados esperados em um projeto, dentre as apresentadas, devido à possibilidade de se integrar a facilidade de comunicação e interação de uma organização por projetos com a base tecnológica de uma organização funcional, segundo Back & Ogliari (2000).

Os pesquisadores Ford & Randolph (1998) propuseram o gráfico da Figura 2.7 para relacionar o fluxo de autoridade e influência exercida pelo gerente de projetos, ou equipe de desenvolvimento, no projeto de acordo com a alternativa de estrutura adotada pela empresa.

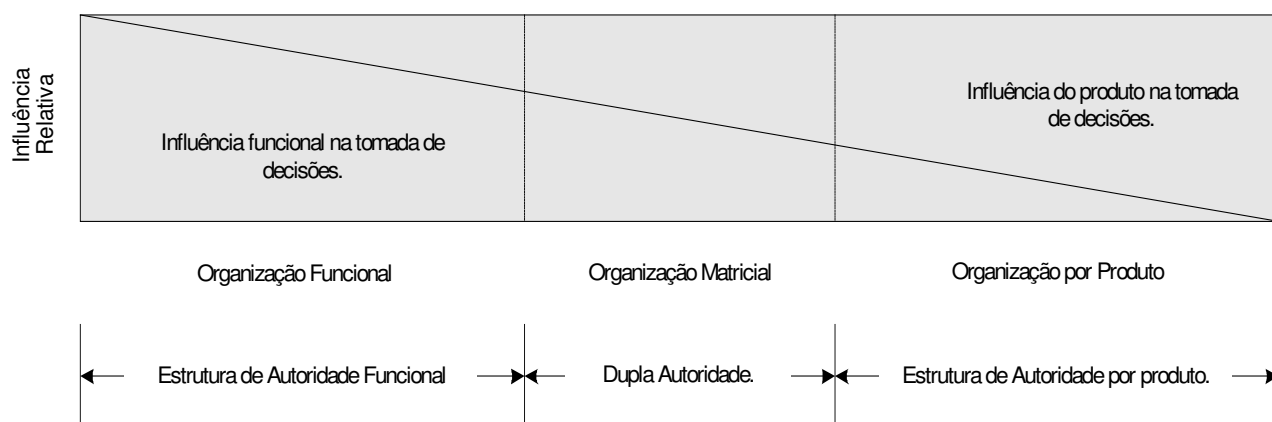


Figura 2.7 – Influência das estruturas organizacionais no projeto, Ford & Randolph (1998).

Pode-se visualizar no gráfico da Figura 2.7 que se evolui progressivamente de um extremo em que as prioridades e limitações do departamento funcional da empresa regem a tomada de

decisões quanto às atividades de projeto para outros nos quais os objetivos de desempenho para com o produto tornam-se o cerne da questão.

2.7 ITEM DE CONCLUSÃO

No primeiro capítulo desta dissertação de mestrado se enfatizou a dificuldade que as empresas nacionais enfrentaram para atender as novas exigências dos seus consumidores, decorrentes da abertura do mercado brasileiro. De uma hora para a outra, elas tiveram que desenvolver produtos em muito menos tempo do que antes, mais baratos e com a mesma qualidade dos produtos estrangeiros. Também se mencionou que a maioria das empresas, que superaram o desafio de se re-estruturar, o fizeram associando processos estruturados para suportar o desenvolvimento de produtos, tais como o processo de projeto, o processo de gerenciamento de projetos e a ferramenta do ciclo de produção - consumo. A principal contribuição do presente capítulo, nesta conjuntura, encontra-se na exposição da lógica contida nesta associação e no detalhamento deste novo processo de desenvolvimento, localizando neste a definição e o seqüenciamento das atividades de projeto. Para a equipe que desenvolveu este trabalho, seria muito complexo pesquisar ferramentas de apoio para os processos de planejamento de projeto sem saber como estes se relacionam, conforme representado na Figura 2.5.

CAPÍTULO 3

O PROCESSO DE DEFINIÇÃO DAS ATIVIDADES DE PROJETO

No capítulo anterior procurou-se apresentar para o leitor, de forma resumida, o processo de gerenciamento do desenvolvimento de produtos, salientando os processos de planejamento de projetos. Tal imersão se fez necessária para permitir a abordagem, de fato, do tema central desta dissertação de mestrado, ou seja, dos processos de definição e seqüenciamento das atividades de projeto. Entretanto, para isto, torna-se necessário também familiarizar o leitor com a terminologia e a estrutura dos processos em estudo.

Até o presente momento têm-se usado muito o substantivo processo, no entanto, até este momento, não se definiu ainda qual o seu significado. A definição mais clara e concisa que se encontrou foi a de que processos consistem “em uma série de ações que geram um resultado”, Project Management Institute (2000).

Todo o projeto é constituído invariavelmente por um certo volume de trabalho, dividido segundo algum critério de desdobramento, para se chegar aos seus resultados. Dentro do contexto de sistemas técnicos, se utilizam processos para obter os resultados almejados, até porque, segundo Cruz (1998), desde que o homem precisou fazer alguma coisa para sobreviver, seja caçar ou plantar, que foram instituídos os processos,

Cada processo apresenta um comportamento inerente à sua natureza, o qual faz com que, mesmo não estando organizado formalmente, existam leis e regras não escritas que o regulamentem. Tais regras, usualmente, são incorporadas ao processo à medida que a empresa ou a equipe de pessoas responsável pelo mesmo estabelece uma cultura no seu desempenho.

Em virtude disto, parece fazer bem mais sentido se tais regras forem identificadas o quanto antes no processo de desenvolvimento de produtos, mantendo-as organizadas, documentadas e controladas, para evitar que sejam despendidos esforços e gastos recursos desnecessários para se alcançar qualquer que seja o resultado pretendido.

Segundo Juran (1995), o trabalho vem sendo racionalizado há milhares de anos. Existem registros de divisão do trabalho que compõem processos produtivos, na China, no Egito, em Israel, entre os Maias, os Astecas e em uma infinidade de outros povos, quer dizer, o homem sempre executou processos, de forma consciente ou não, para maximizar os seus esforços. Entretanto,

to, foi somente a partir da revolução industrial, que ele começou a perceber que havia uma força aglutinadora entre as atividades executadas para se alcançar um determinado resultado. Conforme Cruz (1998), desde então, a raça humana procurou desenvolver um conjunto de conhecimentos, englobando ciência, metodologia e tecnologia, que permitisse repetir com segurança os acertos de cada operação. Desta iniciativa, foram surgindo formalmente processos, atividades, organização e, mais recentemente, programas de qualidade como conhecemos hoje.

Partindo da premissa apresentada, de que os resultados desejados para um projeto são obtidos por meio de processos e que estes são muito mais produtivos quando organizados, Cruz (1998) sugeriu uma estrutura a ser respeitada no desdobramento das atividades que configuram estes processos. Segundo o mesmo autor a estrutura representada na Figura 3.1 permite um melhor entendimento e controle de processos.

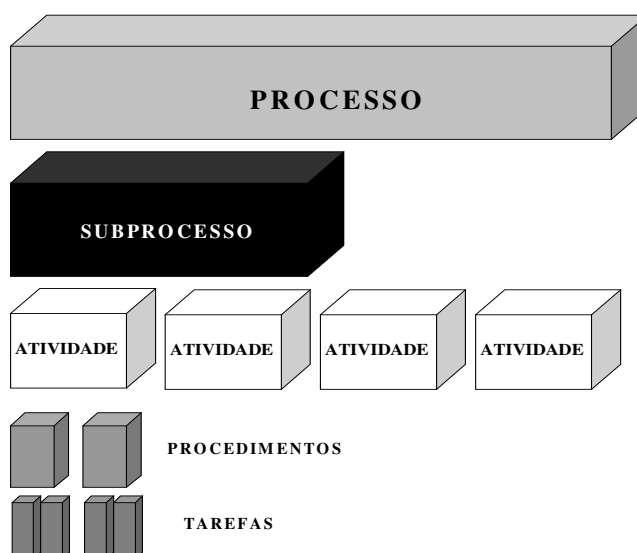


Figura 3.1 – Representação do desdobramento de um processo, Cruz (1998).

Pode-se observar na Figura 3.1 que cada nível de desdobramento de um processo encontra-se caracterizado, nesta proposta de estrutura, conforme descrito a seguir:

- **Subprocesso:** consiste em um conjunto de atividades que representam uma parte específica do processo, do qual recebe insumos e para o qual envia o produto do trabalho realizado.
- **Atividade:** consiste em um conjunto de procedimentos que devem ser seguidos a fim de se obter o resultado esperado, em condições pré-determinadas de início e fim.
- **Procedimentos:** consiste em um conjunto de informações que indicam para o responsável por uma atividade *como, quando e com o que* ela deve ser executada. Pode-se entender também como procedimentos, o conjunto de práticas não escritas que o ocupante de um posto incorpora à realização do seu trabalho.
- **Tarefa:** consiste na menor parte exequível de uma atividade.

Na literatura, existe bastante divergência sobre a forma que o trabalho que configura um determinado processo deve ser designado. Os pesquisadores Romano, Scalice & Back (2000), por exemplo, entendem que o vocábulo tarefa seria o mais indicado para representar uma certa quantidade de trabalho a ser concluída em um determinado espaço de tempo, ao mesmo tempo em que utilizam o substantivo atividade para definir profissão.

Além do posicionamento dos pesquisadores Romano, Scalice & Back (2000), o Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD) também sugeriu a sua proposição para classificar os diferentes níveis de desdobramento de um processo, representados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Desdobramento de um processo segundo o DoD, Back & Ogliari (2000).

TIPOS		NÍVEL	DESCRIÇÃO
GERENCIAL	TAREFAS RESUMO	01	Programa Total - plataforma de projetos desenvolvidos por uma determinada empresa.
		02	Projeto – lacuna específica sendo trabalhada através de diversas tarefas.
		03	Tarefa - trabalho a ser concluído em um determinado prazo, segundo objetivos específicos.
TÉCNICO	TAREFAS OPERACIONAIS	04	Subtarefa – parte do trabalho que contribui para execução da tarefa, sob as mesmas condições de prazo e objetivos.
		05	Pacote de Trabalho - porção do trabalho de uma subtarefa.
		06	Unidade de Esforço – a menor unidade de trabalho passível de ser gerenciada em termos de escopo, custo, tempo e qualidade.

Pode-se observar nesta tabela que a adoção da presente estrutura resultaria, provavelmente, em uma transição muito brusca do gerenciamento para o nível operacional do projeto, em virtude de se evoluir diretamente do estabelecimento do problema de projeto para as atividades que o solucionariam, representando um salto no processo de decomposição das atividades de projeto. Pode-se perceber ainda uma contínua subdivisão do trabalho envolvido no processo, das tarefas em subtarefas, das subtarefas em pacotes de trabalho, e destas em unidade de esforço. Teoricamente se estes níveis fossem interligados sistematicamente representariam implicitamente os procedimentos propostos por Cruz (1998).

Alguns autores não só apóiam a estrutura elaborada a partir das necessidades do Departamento de Defesa Norte-Americano, abstraídas de projetos com grande magnitude, como também sugerem a sua adaptação para projetos menores, conforme descrito a seguir:

Tabela 3.2 – Adaptação da estrutura de desdobramento do DOD, Gido & Clements (1998).

NÍVEL	DESCRIÇÃO
01	Projeto - lacuna ou oportunidade de mercado específica sendo trabalhada através de diversos pacotes de trabalho.
02	Pacote de Trabalho - neste caso, representa uma porção do trabalho do projeto que pode ser designado para uma organização ou um indivíduo desempenhá-la.
03	Tarefa - trabalho que deve ser concluído num determinado prazo, conforme objetivos específicos.
04	Sub-Tarefa - é a menor unidade de trabalho passível de ser gerenciada em termos de custo, tempo, escopo e qualidade.

Fazendo uma analogia com a proposta de Cruz (1998) e esta última estrutura, a proposta de Gido & Clements (1998) inicia em nível de processo e passa diretamente ao que o primeiro pesquisador conceituou como uma tarefa, fazendo-se entender que devido ao tamanho do projeto, o procedimento para se executar as suas atividades é tão lógico que se torna intrínseco à execução das suas tarefas. Ou seja, as pessoas que desenvolvem o produto conseguem abstrair diretamente do problema de projeto as tarefas pontuais que devem executar para resolvê-lo.

Entretanto, neste trabalho, devido ao estudo e à análise feita sobre o processo de divisão do trabalho, conclui-se que o substantivo atividade deve ser adotado para representar o trabalho envolvido em um projeto, enquanto tarefa representa a menor fração de trabalho desdobrada no desenvolvimento de um produto, de acordo com Cruz (1998).

Enfim, pode-se depreender disto tudo que projetos são compostos por um conjunto de atividades, as quais devem ser executadas segundo determinados procedimentos, que por sua vez, são desdobrados na forma de tarefas. Embora todas atividades de projeto sejam igualmente importantes para se atender os objetivos de desempenho do projeto, elas possuem papéis e representam responsabilidades diferentes no desenvolvimento de um produto e, por isto, se distinguem.

No âmbito deste trabalho, como se está utilizando o embasamento propiciado pelo PMI (2000), dado a sua credibilidade, e por se entender que a proposta sugerida por Cruz (1998) é a que melhor representa os níveis de desdobramento de um processo com relação ao que se tem encontrado na prática das empresas industriais utilizar-se-á como referência a estrutura sugerida por este autor para o decorrer deste trabalho, até mesmo porque as outras propostas apresentam, no seu âmago, os mesmos princípios fundamentais adotados por Cruz (1998) sob diferentes pontos de vista e designações.

Estabelecido que um problema de projeto pode ser mais facilmente resolvido se desmembrado em atividades, a dificuldade passa a ser então como identificá-las. A definição das atividades de projeto envolve tanto a identificação, como também a documentação de todas e

somente aquelas atividades específicas que resultam nos diversos subprodutos necessários ao projeto, segundo PMI (2000). Entretanto, embora este processo pareça inicialmente ser muito complexo, o próprio PMI forneceu algumas entradas usuais, dentre as melhores práticas presentes na maioria dos projetos analisados pelos seus pesquisadores, que se consideradas durante a definição das atividades de projeto diminuem consideravelmente a complexidade envolvida na execução desta, que são:

- **Declaração do escopo do projeto:** um documento que contém os objetivos e as justificativas do projeto, os quais devem ser explicitamente considerados durante toda a execução deste processo.
- **Informações históricas:** as atividades que foram requeridas em projetos anteriores semelhantes no desenvolvimento e que devem ser consideradas neste processo.
- **Restrições de projeto:** são os fatores que limitarão as escolhas da equipe de desenvolvimento de produtos.
- **Premissas do projeto:** são os fatores que, para os propósitos de planejamento, são considerados como verdadeiros, reais ou certos.
- **Estrutura de desdobramento do trabalho - EDT:** para o PMI (2000), a EDT trata-se da principal entrada para o presente processo, sendo que a mesma encontra-se apresentada na seqüência deste capítulo.

Os pesquisadores Gido & Clements (1998) afirmam que existem dois caminhos para se transitar destas entradas de processo para uma lista de atividades de projeto, ou através de um *Brainstorming* entre a equipe de desenvolvimento de produtos, ou a partir de uma estrutura de desdobramento do trabalho. Observe que agora a EDT deixou de ser uma entrada para atuar como um meio no processo.

A equipe deste trabalho de pesquisa acredita que o presente processo consiste sim em identificar e documentar atividades de projeto, conforme estabelecido pelo PMI, entretanto assim como Gido & Clements (1998) considera a EDT um dos meios para executá-lo, não uma das suas entradas.

A tendência observada no setor industrial demonstra a definição das atividades de projeto a partir dos marcos provenientes de metodologias de projeto e outras ferramentas utilizadas no desenvolvimento do produto, bem como por meio dos próprios resultados esperados do produto.

Por isto, na seqüência deste capítulo serão apresentados alguns métodos e técnicas dentre os estudados que foram insistentemente mencionados na bibliografia ou considerados como potenciais ferramentas para auxiliar na divisão do trabalho envolvido no desenvolvimento de produtos.

3.1 FERRAMENTAS PARA AUXILIAR NA DEFINIÇÃO DAS ATIVIDADES DE PROJETO

Existem varias técnicas e métodos que se propõem a auxiliar no processo de definição das atividades de projeto, entretanto, neste capítulo encontram-se explicados sucintamente somente aqueles métodos e/ou técnicas que constituem potenciais ferramentas de suporte para a metodologia resultante deste trabalho de pesquisa.

3.1.1 “BRAINSTORMING”

“Brainstorming”, conforme Back & Forcellini (2000), consiste em uma técnica de criatividade, desenvolvida em 1919 por Osborn nos Estados Unidos, que objetiva gerar alternativas de solução para um determinado problema, em um curto espaço de tempo.

Este pesquisador observou que a maioria das reuniões, independente do seu objetivo, é dominada por uma atmosfera de resistência e que idéias são bloqueadas e/ou participantes criativos desconsiderados. Desta forma, Osborn constatou a necessidade de excluir esses fatores negativos das reuniões. Para isto, o presente pesquisador propôs o seu modelo para reuniões, separando os processos de geração e de avaliação de idéias, em fases distintas.

Na fase de geração de idéias, segundo a concepção de Osborn, deve-se procurar extrapolar o maior número possível de idéias, priorizando quantidade em vez de qualidade e, somente então, as idéias geradas podem ser analisadas, procurando-se selecionar dentre elas as melhores. Normalmente, somente algumas das idéias geradas são empregadas, no entanto, as idéias que não foram selecionadas podem ser utilizadas como um indicativo para novas soluções quando um problema semelhante for abordado.

As reuniões de *Brainstorming* devem ser integradas por um mínimo de cinco, e um máximo de dez participantes, para os quais é atribuída a responsabilidade por um determinado problema, o quanto mais bem definido estiver o problema melhor. Após a apresentação deste problema, cada integrante do time pode então colocar as suas idéias, contanto que algumas regras básicas sejam seguidas:

1. Ninguém pode julgar ou criticar as idéias apresentadas pelas outras pessoas da reunião.
2. A fantasia não pode ter fronteira, ou seja, idéias repentinas e sugestões, aparentemente, sem sentido constituem a matéria-prima destas reuniões.
3. De cada um dos participantes é esperado aceitar as idéias dos outros e a partir delas encontrar e combinar novas idéias.

No caso da definição das atividades de projeto, pode-se perceber que o resultado da aplicação de um *Brainstorming* dependeria muito da experiência da equipe que desenvolve o produto na área de domínio a que ele se propõe em atuar, sem falar que atualmente não se concebe equipes de desenvolvimento de produtos que não sejam multidisciplinares, o que levaria naturalmente a *Brainstormings*.

O grande diferencial observado nesta técnica se encontra, fundamentalmente, na divisão das partes de concepção e avaliação de idéias, o que realmente reduz os conflitos durante a execução de um projeto e deve ser adotado como uma premissa a ser seguida em todo o processo de desenvolvimento de produtos.

Contudo, para a abstração de atividades de projeto, este método parece ser pouco criterioso, muito baseado na tentativa e erro, e aplicável, talvez, para pequenos projetos que não envolvam muitas atividades e recursos.

Acredita-se que a presente técnica seria bem mais eficaz no estímulo da criatividade de uma equipe de desenvolvimento de produtos durante o emprego de alguma outra ferramenta, atuando como uma ferramenta de apoio, do que como uma ferramenta orientada diretamente para o processo de definição das atividades de projeto.

3.1.2 ESTRUTURA DE DESDOBRAMENTO DO TRABALHO – EDT

Uma vez que as especificações de projeto foram consensadas entre a equipe que desenvolve o produto, estas precisam ser traduzidas em uma lista de atividades a serem executadas para se atender os objetivos de desempenho do projeto, sendo que, tal lista de atividades é usualmente denominada de estrutura de desdobramento do trabalho.

Esta designação se deve ao fato da estrutura de desdobramento de trabalho consistir em uma abordagem estruturada para organizar as atividades requeridas no projeto, conforme Gido e Clements (1998), da qual o resultado poderia ser comparado a uma “árvore hierárquica” de itens fim que serão executados e/ou produzidos pela equipe durante o projeto, atuando como uma forma de conexão entre os objetivos e o plano de projeto.

Gido & Clements (1998) afirmam ainda que uma estrutura de desdobramento do trabalho apresenta algumas funções principais, descritas a seguir:

- Aponta todas as atividades necessárias para o atendimento dos objetivos de desempenho para um determinado produto, enquanto projeto. Se uma atividade não estiver relacionada na EDT, então ela não deve ser executada;

- Funciona como um gráfico organizacional do projeto, ou seja, indica quais departamentos internos, sócios e/ou fornecedores externos são responsáveis por cada atividade de projeto;
- Auxilia a rastrear custos, programação e desempenho no projeto para cada elemento, em qualquer que seja o seu nível de detalhamento;
- Evidencia a necessidade de troca de informações entre os envolvidos no projeto e possibilita o orçamento do custo envolvido neste processo de comunicação;
- Auxilia no controle do projeto, estabelecendo a sua estrutura geral e indicando a forma que este controle será realizado, ou seja, sob a perspectiva de subprodutos, de componentes ou sob a visão de funções do produto;
- Indica o progresso do projeto, principalmente, se usada em conjunto com uma matriz de responsabilidades.

Existem várias estruturas que indicam como as atividades de projeto podem ser desdobradas, conforme apresentado anteriormente. Os pesquisadores Back & Ogliari (2000) afirmam que na prática, independente da estrutura de desdobramento adotada, não se costuma ultrapassar quatro níveis de detalhamento de um projeto. Entretanto, o que é consenso em qualquer que seja o fórum, proveniente da teoria ou da prática, se deve desdobrar uma atividade até o ponto em que ela possa ser mensurada em termos de custo, tempo, escopo e qualidade.

No caso em particular deste trabalho, continua-se adotando a estrutura proposta por Cruz (1998), que afirma que se deve desdobrar uma atividade até se chegar nas suas tarefas, as quais, por representarem a menor parte exequível de um trabalho, podem ser medidas quanto aos objetivos de desempenho do projeto.

Além deste critério de desdobramento, existem duas diretrizes que influenciam em quão detalhada a estrutura de um projeto deve ser:

- O nível de detalhamento de um projeto pode ser determinado em função das interfaces, ou pontos de transferência, do projeto, por exemplo, a partir da mudança de pessoa ou organização responsável por uma determinada parcela do trabalho ou por meio da delimitação dos resultados de cada atividade. Tais pontos de transferência indicam o fim de uma atividade e o início de outras.
- Atividades de projeto, de modo geral, não devem durar mais do que o intervalo de tempo entre cada revisão e controle do progresso do projeto, geralmente, semanais, conforme Gido & Clements (1998).

Tão importante quanto definir o nível de detalhamento do trabalho envolvido em um projeto, procurando suportar a sua execução e garantir os seus resultados de uma forma efetiva, é configurar a estrutura que o representa de maneira adequada. Em geral, sugere-se três tipos de

configuração para uma estrutura de desdobramento do trabalho: orientada ao produto; orientada funcionalmente; ou orientada por fases. Abaixo se encontra uma breve descrição sobre cada um destes tipos de configuração:

- Estrutura de Desdobramento do Trabalho orientada ao Produto

Também encontrada na literatura como estrutura de desdobramento do produto (EDP) ou árvore de decomposição do produto (ADP), conforme Simons & Lucarelli (1998), tal forma de orientação pode ser entendida como a abordagem do trabalho envolvido no projeto por meio dos resultados esperados, devido a este tipo de configuração estar focada nos componentes do produto.

Sob esta orientação, pode haver tantos níveis de desdobramento quanto forem necessários, por exemplo, do produto em sistemas, de sistemas em subsistemas (ou de montagens em submontagens), e consecutivamente até se chegar em peças ou componentes. Nota-se que, apesar de conter três níveis de desdobramento, a divisão extrapolada por Simons & Lucarelli (1998) corresponde à estruturação sugerida por Cruz (1998), uma vez que o produto resulta de um processo, subsistemas relacionam-se com subprocessos e peças ou componentes são resultado de atividades.

Este tipo de orientação apresenta uma vantagem significativa perante as outras duas, pois facilita a aplicação de técnicas de projeto para custos, para manufatura e para montagem devido representar graficamente as interfaces entre os elementos que configuram o produto. Este mapeamento do produto permite a localização pontual do custo e estimativas para a produção de cada componente, isolando custos associados ao projeto e à fabricação dos componentes do sistema.

- Estrutura de Desdobramento do Trabalho orientada Funcionalmente

Também conhecida como abordagem organizacional, este tipo de estrutura é mais indicado para projetos menores, nos quais a integração funcional é a chave para o sucesso do projeto, segundo Simons & Lucarelli (1998). A estrutura de desdobramento do trabalho orientada funcionalmente é bastante semelhante à estrutura de desdobramento do produto, as diferenças básicas entre eles consistem na substituição dos componentes físicos do produto pelas funções que eles desempenham e em que na orientação funcional, os departamentos que executam o trabalho encontram-se representados no segundo nível de detalhamento na estrutura (entre o processo e os subprocessos a serem desempenhados).

Embora se torne mais difícil estabelecer custos para funções devido à subjetividade destas, uma função pode ser atendida por inúmeros princípios de solução, consegue-se muitas vezes

através deste tipo de orientação, exatamente em função desta subjetividade, inovar no lançamento de produtos, agregando valor aos objetivos de desempenho pré-determinados.

- Estrutura de Desdobramento do Trabalho orientada por Fases

Uma EDT orientada por fases apresenta no seu segundo nível de desdobramento o ciclo de vida do projeto, bem como no terceiro e quarto níveis encontram-se representados, respectivamente, os seus processos e subprocessos.

Este tipo de abordagem raramente é utilizado devido a projetos serem, usualmente, contratados de maneira que os seus eventos financeiros, leia-se pagamentos, estejam atrelados a marcos de projeto e não a fases do seu ciclo de vida.

Pode-se notar que até o presente momento foram estabelecidos um critério e algumas diretrizes para suportar o mapeamento do trabalho intrínseco a um projeto, entretanto não se mencionou especificamente como fazer para traduzir objetivos de desempenho pré-definidos para um produto em uma lista de atividades a serem executadas durante o projeto para alcançá-los.

Definida sob qual orientação se deve elaborar a estrutura de desdobramento do trabalho, alguns pesquisadores sugeriram procedimentos para o seu desdobramento, como apresentado a seguir.

Os pesquisadores Back & Ogliari (2000) propuseram que a EDT seja desdobrada de acordo com o porte do projeto, a sua aplicação e a experiência da empresa em realizá-lo. Definidos estes três parâmetros, adotam-se os seguintes passos:

1°. A partir das informações do escopo de projeto, este processo é desdobrado sucessivamente em atividades de projeto de níveis mais detalhados, até que resulte em uma atividade que possa ser planejada, orçada, programada, monitorada e controlada.

2°. Para cada atividade de projeto deve-se identificar dados relevantes, tais como, a sua duração, a tecnologia ou o conhecimento necessário para executá-la, o pessoal e/ou organização responsável, equipamentos, materiais, especificações especiais, fornecedores, entre outras necessidades.

3°. Deve-se revisar o desdobramento efetuado para verificar a sua precisão no que se refere a recursos, cronograma, orçamentos e interfaces entre as atividades de um mesmo nível com atividades de níveis superiores e inferiores.

4°. Determinar para cada atividade custos diretos, custos indiretos, reservas para contingências e os lucros pretendidos, visando estabelecer o preço total da proposta de projeto.

5°. Determinar para cada atividade o seu compromisso contratual; a sua interface com as outras atividades e o seu posicionamento no seqüenciamento da lista de atividades de projeto; os marcos dos seus principais eventos; relatórios para avaliação do progresso; e reservas de tempo para atender possíveis atrasos.

6°. Controlar os recursos orçados versus os recursos despendidos visando estimar com precisão custos finais e tomar possíveis ações corretivas.

7°. Controlar, de forma similar aos recursos, o prazo de tempo previsto versus o cronograma executado.

Outra proposta de procedimento para desdobrar o trabalho envolvido em um projeto foi apresentada por Verzuh (2000). O seu procedimento consiste nos seguintes passos:

1°. A partir do escopo do projeto listar todos os resultados esperados da sua execução.

2°. Nomear todas as atividades necessárias para produzir os resultados esperados. Em seguida, deve-se desdobrar cada atividade em tarefas até se chegar em uma tarefa que não possa ou não precise mais ser desdobrada.

3°. Seqüenciar a estrutura de desdobramento do trabalho segundo as suas relações de dependência e a partir do nivelamento dos recursos disponíveis para o projeto.

Uma última proposta de procedimento descrita neste trabalho foi apresentada pelo Project Management Institute (2000), e sugere os passos descritos a seguir:

1°. Identificar os principais elementos do projeto. Em geral, eles são os seus subprodutos e o processo de gerenciamento de projetos. Entretanto, recomenda-se que as fases do ciclo de vida do projeto sejam usadas como um primeiro nível de decomposição, seguidas dos seus subprodutos.

2°. Decidir se o custo e as estimativas de duração podem ser desenvolvidos nesse nível de detalhamento para cada subproduto. Caso seja possível, evoluir para o quarto passo, caso contrário prosseguir para o passo seguinte.

3°. Identificar os elementos constituintes do subproduto. Os elementos devem ser descritos em termos de resultados tangíveis e mensuráveis, facilitando o controle dos objetivos de desempenho.

4°. Verificar a exatidão da decomposição.

O primeiro procedimento proposto por Back & Ogliari (2000) é bastante abstrato no que se refere à transição das informações do escopo para atividades e tarefas de projeto; não foram apresentadas indicações mais expressivas de como realizar esta transição; e os demais passos englobam o restante dos processos de planejamento e de controle do projeto.

O procedimento apresentado por Verzuh (2000), já apresenta um caminho mais explícito por onde seguir, ou seja, evoluir das informações contidas no escopo do projeto para os resultados esperados com a sua execução e desdobrar estes resultados nas atividades necessárias para gerá-los, caracterizando uma Estrutura de Desdobramento do Produto.

Finalmente o procedimento sugerido pelo PMI (2000) representa visivelmente uma estrutura de desdobramento do trabalho orientada por fases. Entretanto a recomendação de se identificar os principais elementos de projeto é exatamente o que a presente dissertação de mestrado pretende esclarecer, sendo que a única indicação que este procedimento fornece é a de iniciar pelos subprocessos de gerenciamento de projetos e pelos subprodutos do projeto, mesclando atividades a serem desempenhadas com resultados esperados.

Conforme demonstrado, a estrutura de desdobramento do trabalho é uma técnica dedicada à divisão do trabalho envolvido em um processo, visando determinar a estrutura de componentes ou de funções que configura um sistema. No caso deste trabalho, está-se falando do desdobramento do processo de projeto em subprocessos e em atividades de projeto, que se pode dar segundo três procedimentos, que são: através da determinação e da interface dos componentes do produto; a partir do relacionamento das funções que devem ser supridas pelo produto para atender aos seus objetivos; e uma última opção desdobrando o projeto em função das ferramentas de apoio ao processo de gerenciamento do desenvolvimento de produtos, em conjunto com os resultados esperados em termos de produto. Para se desdobrar atividades de projeto, sem possuir obrigatoriamente ao menos uma primeira visão da estrutura de funções ou dos princípios de solução que configuram o produto, a opção de se iniciar a divisão do trabalho de projeto de acordo com as ferramentas utilizadas neste, parece ser a mais indicada. Até porque o planejamento do projeto deve acontecer bem antes da etapa de concepção do produto. No entanto, fica ainda a dúvida de como proceder para associar os procedimentos destas ferramentas com os resultados esperados da etapa de execução do projeto.

Vale ainda destacar desta técnica a premissa de que uma atividade de projeto deve ser desdobrada até que se possa planejá-la, monitorá-la e controlá-la, bem como a consideração, proposta pelos pesquisadores Back & Ogliari (2000), de que o desdobramento do trabalho envolvido em um projeto deve ser realizado de acordo com o porte do projeto, a sua aplicação, e a cultura de projeto da empresa.

3.1.3 SÍNTESE FUNCIONAL

Conforme justificado no segundo capítulo da presente dissertação de mestrado, no pro-

cesso de desenvolvimento de produtos faz-se necessário adotar metodologias para suportar a execução do projeto, visando garantir assim os seus resultados. Uma das ferramentas abordadas neste trabalho, a síntese funcional, foi proposta exatamente para auxiliar neste sentido.

A síntese funcional, originalmente designada de teoria de sistemas, consiste em um método desenvolvido por alguns pesquisadores da escola alemã de engenharia, tais como, Koller, Roth, Hundal, Pahl & Beitz e Rodenacker, para auxiliar na abstração de sistemas².

A teoria de sistemas sugere a divisão de problemas potenciais em partes de menor complexidade, facilitando a sua resolução. Na engenharia, está-se interessada na abstração de sistemas técnicos, ou seja, de elementos que transformam grandezas de entrada em saídas. Segundo Back & Forcellini (2000) a síntese funcional suporta pontualmente neste processo de transformação, desdobrando, em seqüência e complexidade, os elementos de um sistema técnico.

No caso do desenvolvimento de produtos industriais, estes elementos a serem desdobrados correspondem às funções do produto, sendo que este desdobramento é feito até que se alcance as suas funções elementares, ou seja, aquelas mais básicas no produto em desenvolvimento, afirmam Kirschman, Fadel & Jara-Almont (1995). O desdobramento das funções de um produto até um nível muito preciso de detalhamento pode vir a comprometer a criatividade da equipe de desenvolvimentos e até mesmo os resultados obtidos a partir da aplicação deste método, uma vez que as funções elementares ficam tão específicas que possuem formas intrinsecamente relacionadas a elas.

Mas como este método da síntese funcional auxilia, efetivamente, no processo de desenvolvimento de produtos? Uma vez que a aquisição de um produto se justifica pela sua capacidade de desempenhar as funções para as quais foi projetado, satisfazendo, assim, certas necessidades dos consumidores, Roozenburg & Dorst (1991) consideram de bom senso afirmar que um projeto deva iniciar pela clarificação destas necessidades dos consumidores e prossiga, então, para uma etapa de criação ou concepção. Neste sentido, o presente método contribui, através dos seus procedimentos, na transição das necessidades dos consumidores, já especificadas em uma linguagem de engenharia, alternativas de estruturas de funções que as atendam. A teoria de sistemas, originalmente um conhecimento desvinculado de aplicações, evoluiu para um método sistemático de geração criativa de soluções.

A literatura, em geral, apresenta diversos termos e conceitos familiares à síntese funcional, os quais foram resgatados da compilação realizada sobre o assunto pelos pesquisadores Back & Ogliari (2000) e do artigo dos autores Kirschman, Fadel & Jara-Almonte (1995):

² Um sistema consiste em uma combinação de elementos, ou partes, que formam um todo, complexo ou unitário, que tem ou serve a algum propósito, conforme Back & Ogliari (2000).

- **Especificações de projeto:** resumem as necessidades e expectativas dos consumidores em termos de engenharia. Divide-se em requisitos (informações sobre o que o produto deverá realizar ou quais as características que deverá possuir) e restrições de projeto (indicam as condições sob as quais o produto deverá operar e/ou ser fabricado).
- **Requisitos funcionais e operacionais:** são os requisitos, como o próprio nome já diz, relacionados ao funcionamento e operação do produto.
- **Sistema técnico:** é o resultado da associação de funções, que visam promover a transformação de grandezas de entrada em saídas, a um conjunto finito de elementos, produzido pelo homem com base em um conjunto de conhecimentos científicos, na qual existem relacionamentos entre os próprios elementos e para com o ambiente.
- **Função:** corresponde a formulação abstrata de uma tarefa, independente de qualquer solução em particular, conforme Pahl & Beitz (1996).
- **Função global:** também denominada de função geral, função total, função resumo e de função objetivo. Expressa, usualmente através de um diagrama de blocos, o relacionamento entre as entradas e saídas de todo um sistema técnico.
- **Função parcial:** consiste em uma função com menor nível de complexidade que a função global, mas ainda muito subjetiva para ser atendida sem ser desdobrada novamente. O conjunto de funções parciais de um projeto corresponde aos subsistemas de um produto e a soma destas funções representa a função global do sistema técnico.
- **Função elementar:** também denominada de função-tarefa específica. Consiste em uma função com tal nível de subjetividade que permita o seu atendimento. Ela é normalmente obtida pelo desdobramento sucessivo das funções parciais até que não seja possível nenhuma forma a mais de subdivisão.
- **Função básica:** também denominada de função genérica, função genericamente válida e de operação básica. Hierarquicamente, dentro de um sistema técnico, equivale a uma função elementar quanto ao seu desdobramento na estrutura do produto, sendo, entretanto mais subjetiva no que diz respeito à geração de soluções. Este nível maior de subjetividade encontra-se vinculado à inexistência de relacionamentos das funções básicas com as grandezas envolvidas no sistema, possibilitando assim a sua aplicação a diferentes sistemas técnicos, independente das grandezas de entrada e saída, com um número relativamente pequeno de funções.
- **Estrutura de funções:** demonstra a interface entre as funções parciais e elementares de

um sistema técnico, a sua configuração física, geralmente representada por meio de diagramas de blocos. Este diagrama associa as funções do sistema, em seus diferentes níveis hierárquicos de abstração; o fluxo de grandezas entre estas funções; e as fronteiras delimitadas para o sistema em questão.

- **Fronteiras do sistema:** são as delimitações do sistema em estudo, indicam as funções que o integram e o fluxo de grandeza existente entre o sistema e para com o ambiente.

- **Grandezas de entrada e saída:** grandezas características dominantes nas entradas e saídas de cada função do sistema técnico.

- **Grandezas genéricas:** representadas por energia, material e sinal.

- **Fluxo de grandezas:** consiste no relacionamento existente entre as funções e para com o ambiente, representado fisicamente pela troca de energia, material e sinal entre cada função do sistema técnico.

A partir do momento que os propósitos básicos da síntese funcional encontram-se bem definidos e os seus principais conceitos descritos, procura-se agora demonstrar como os pesquisadores que a desenvolveram começaram a racionalizar esta transição de especificações de projeto para funções de um produto.

O primeiro passo dado foi a padronização das principais funções básicas que constituem um sistema técnico, bem como da sua simbologia. Todas as funções obtidas através deste método são, convencionalmente, representadas na forma de diagramas de blocos, sendo que se utiliza um conjunto de textos e símbolos para expressar a ação e as grandezas envolvidas no sistema. Quando se trata das funções básicas de um sistema, vários pesquisadores da escola alemã de engenharia propuseram o seu conjunto de funções objetivando que com algumas poucas delas se conseguisse representar qualquer tipo de sistema técnico. O resultado desta padronização encontra-se representado na Figura 3.2.


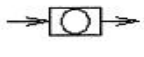





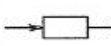
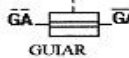
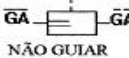
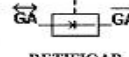
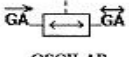




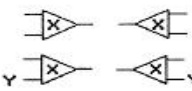

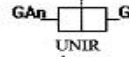
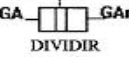





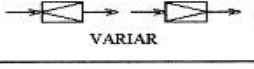



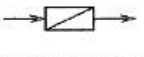


CARACTERÍSTICA	ROTH	PAHL&BEITZ	KOLLER
TEMPO	 ARMAZENAR	 ARMAZENAR	 ACUMULAR  DESACUMULAR  ABSORVER  EMITIR
LUGAR	 TRANSMITIR	 GUIAR	 GUIAR  NÃO GUIAR  RETIFICAR  OSCILAR  AGRUPAR  DISPERSAR  TRANSMITIR  ISOLAR
NÚMERO	 UNIR	 CONECTAR	 UNIR  DIVIDIR  MISTURAR  SEPARAR  LIGAR  INTERROMPER
MAGNITUDE	 AMPLIFICAR	 VARIAR	 AMPLIAR  REDUZIR
TIPO	 TRANSFORMAR	 TRANSFORMAR	 MUDAR DIREÇÃO  TRANSFORMAR

Figura 3.2 – Padronização das funções básicas, Pahl & Beitz (1996).

Na parte superior das colunas da Figura 3.2 encontra-se indicado o nome dos autores de cada proposta de padronização das funções básicas, à medida que nas suas linhas estão rotuladas as características representativas do sistema em estudo. As interseções resultantes do relacionamento destas linhas e colunas apresentam as funções básicas, junto dos seus símbolos, sugeridas por cada autor para representar uma determinada característica do sistema técnico.

Esta padronização das funções básicas utilizadas em um produto possibilitou a uniformização da sua representação e da forma de interligá-las, facilitando o desenvolvimento, arranjo, visualização, interpretação e comunicação de uma estrutura funcional, conforme Back & Forcellini (2000). Além disto serviu também como base para o desenvolvimento de vários procedimentos e ferramentas computacionais fundamentados no método da síntese funcional.

Dentre estes procedimentos, foram encontrados quatro procedimentos específicos para obtenção de estruturas de funções, sendo que um deles encontra-se direcionado, especificamente, para re-projetos. Visando facilitar o seu entendimento, procurou-se apresentar mais detalhadamente um destes procedimentos e, então, evidenciar as diferenças ou particularidades encontradas dentre este e os outros propostos.

Os autores Herrmann, Ogliari & Back (1996) estabeleceram alguns pontos que se obser-

vados pela equipe de desenvolvimento de produtos facilitam a execução do método da síntese funcional. Tais pontos, da forma apresentada a seguir, foram compilados tanto do trabalho apresentado por Herrmann, Ogliari & Back (1996), como do artigo de Hundal (1990). Ao se aplicar o presente método aconselha-se a:

1. Trabalhar dentro das fronteiras do sistema.
2. Agrupar as funções de acordo com o fluxo de cada grandeza genérica, para que estas fiquem em destaque.
3. Iniciar o arranjo da estrutura pelas funções ligadas aos requisitos de projeto mais importantes, ou então, pelo fluxo principal do sistema. Isto equivale, por exemplo, a iniciar pelo fluxo de energia em um sistema de transmissão ou pelo fluxo de sinal em um sistema de controle.
4. Verificar a paridade entre as entradas de cada função e as saídas das funções precedentes.
5. Considerar o relacionamento lógico entre as funções para seqüenciá-las.
6. Aferir o fluxo esperado de energia, material e sinal através do sistema. Por exemplo, uma operação que envolva transformação de material sempre requisitará energia, portanto se na entrada de um bloco funcional existe material, a menos que seja uma função de armazenamento, este também deverá se encontrar na sua saída.

Para garantir a consideração de tais pontos mediante a adoção da síntese funcional, os pesquisadores Herrmann, Ogliari & Back (1996) propuseram um procedimento, representado na Tabela 3.3, que associa requisitos funcionais e operacional do produto a bases de funções³, sendo que os passos deste procedimento variam de acordo com o tipo de projeto em questão, projeto ou re-projeto.

Tabela 3.3 – Procedimentos para obtenção de estruturas funcionais, Herrmann, Ogliari & Back (1996).

DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS	RE-PROJETOS
<ol style="list-style-type: none"> 1º. Definir os Requisitos de Projeto. 2º. Relacionar estes requisitos com funções, a partir das bases de funções. 3º. Arranjar as funções abstraídas em uma Estrutura de Funções. 4º. Efetuar variações desta Estrutura de Funções. 5º. Avaliar as alternativas de Estruturas de Funções. 6º. Escolher a melhor estrutura dentre as concebidas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1º. Analisar os Requisitos de Projeto e o Sistema Técnico existente. 2º. Realizar algumas abstrações do sistema existente. (Simplificações) 3º. Individualizar os Princípios de Solução que configuram o produto. 4º. Relacionar os Princípios de Solução com funções, a partir da base de funções. 5º. Arranjar as funções em uma Estrutura de Funções. 6º. Efetuar variações desta estrutura. 7º. Avaliar as alternativas de estruturas de funções concebidas. 8º. Escolher a melhor dentre elas.

³ Bases de funções: conjunto de funções básicas padronizadas pela escola alemã de Engenharia.

Analisando a Tabela 3.3, indiferente da sua aplicação, pode-se observar claramente que, conforme enfatizado, ambos os procedimentos foram baseados na associação mencionada entre requisitos de projeto com bases de funções e no arranjo do resultado deste relacionamento na forma de uma estrutura, culminando na seleção da melhor alternativa de concepção.

O procedimento desenvolvido por Hundal (1990) para o presente método diferencia-se dos procedimentos propostos na Tabela 3.3 por ultrapassar as fronteiras propostas para síntese funcional, bem como por ter sido desenvolvido sob um raciocínio algorítmico. De certa forma, este procedimento ampliou as fronteiras da síntese funcional, uma vez que a transformação das necessidades dos consumidores em requisitos de engenharia não era inicialmente objetivo deste método.

Nos procedimentos que não são suportados por algoritmos implementados computacionalmente, a equipe de desenvolvimento de produtos inicia o desdobramento das funções necessárias para se obter um produto pela determinação da função global do sistema técnico em estudo e procura, então, detalhá-la até o nível de funções elementares. Para isto, geralmente a equipe usa somente a sua própria experiência e julgamento.

O procedimento proposto por Hundal (1990) inicia a concepção de alternativas de estruturas funcionais pela clarificação orientada do problema de projeto em uma lista de especificações de engenharia. Esta orientação acontece por meio de um banco de dados que armazena perguntas formuladas de acordo com determinadas categorias, subdivididas em especificações técnicas, ergonômicas e econômicas. As principais categorias implementadas por este pesquisador abordam o ambiente onde o produto será utilizado, o ciclo de vida do produto e as necessidades dos consumidores. Assim, uma especificação de projeto pode ser gerada, por exemplo, para satisfazer uma necessidade do cliente (Categoria) relativa a um aspecto econômico do produto, tal como baixo custo. Uma vez definidas as especificações de projeto a sua transição para o nível de funções acontece de maneira análoga ao procedimento anterior, com o auxílio de bases de funções.

Outra alternativa de procedimento para aplicação da síntese funcional foi proposta por Kirschman, Fadel & Jara-Almonte (1995). Este procedimento fundamenta-se em uma taxonomia⁴ baseada em funções, a partir da qual são definidas quatro categorias principais de funções mecânicas, que são: potência, movimento, controle e gabinete. Para cada uma destas categorias foram associadas funções básicas visando possibilitar a resolução de qualquer problema de Engenharia. Como se obtém, neste caso, a estrutura de funções? A função global do produto é obtida, como na maioria dos métodos, a partir das grandezas de entrada e saída do produto, com base

na experiência da equipe de desenvolvimento de produtos. Posteriormente, a função global é desdobrada em funções parciais, neste caso, as três categorias principais de funções: movimento, potência e gabinete e, em seguida, executa-se outro desdobramento destas categorias em funções básicas, em que se encontra inclusa a quarta categoria de funções, o controle. A diferença deste procedimento para os anteriores encontra-se na pré-definição de categorias de funções principais, e em virtude das funções básicas serem obtidas da taxonomia desenvolvida.

Existe ainda um outro procedimento para obtenção de estruturas de funções a partir de produtos existentes – re-projeto. Este procedimento consiste, basicamente, na decomposição estrutural deste produto e na definição do relacionamento funcional dos seus componentes, culminando na representação da estrutura de funções obtida. Este processo, segundo Fakhruddin, M. Hashim, N. P. J. & Pennington, A. (1994), é suportado pelos documentos existentes relativos ao produto, por exemplo, desenhos normalizados para produção dos componentes do produto, e por esquemas funcionais.

Como se pode observar o método da síntese funcional, tal como a técnica da estrutura de desdobramento do trabalho, fundamenta-se na premissa de que se torna bem mais fácil solucionar um problema segmentando-o. No entanto, o presente método foi desenvolvido especificamente para desdobrar as funções de um sistema técnico, desde a sua função mais subjetiva (a qual representa todo o sistema) até o seu conjunto de funções mais básicas, sendo que a sua grande contribuição, para qualquer que seja a área de domínio ou aplicação, consiste na proposição de se desdobrar os elementos de um processo de acordo com o relacionamento das suas grandezas de entrada com as suas grandezas de saída. Pontualmente, no domínio de sistemas técnicos, atualmente existem bancos de funções básicas padronizadas, implementadas inclusive computacionalmente, que podem ser utilizadas para representar as funções inerentes a qualquer produto mecânico, segundo o fluxo de energia, material e sinal existente entre as funções.

O que se pode aproveitar deste método, analogicamente falando, para a definição das atividades de projeto é exatamente esta análise do fluxo de entradas e saídas de cada função do produto, migrando para a análise do relacionamento existente entre as informações do escopo do projeto e o produto desejado (em um primeiro nível hierárquico) e, posteriormente, a partir da análise do fluxo de informações, tempo e recursos entre as atividades de projeto. Quanto aos bancos de dados, as melhores práticas dos projetos desenvolvidos por uma empresa desempenham este papel.

⁴ Distinção, ordenação e nomenclatura sistemáticas de grupos típicos dentro de um campo científico.

3.1.4 TÉCNICA DE ANÁLISE FUNCIONAL DE SISTEMAS (FAST – FUNCTIONAL ANALYSIS SYSTEM TECHNIQUE)

Conforme foram progredindo as pesquisas realizadas sobre a análise funcional, de um estado de análise para síntese, e foram sendo obtidos os primeiros resultados em termos de procedimentos, um pesquisador chamado Lawrence Miles começou a estudar maneiras de utilizar estes resultados em outras aplicações, como por exemplo, na otimização de produtos. Destes estudos, surgiu em 1945 a técnica de análise do valor.

A técnica de análise do valor consistiu em uma forma, efetiva e popular, de agregar valor de mercado a um produto, através da redução de custo dos seus componentes, quando a perspectiva de sucesso do produto encontra-se diretamente relacionada ao custo de mão-de-obra e da matéria-prima utilizada, Crown (1996). Tais reduções de custo advêm do balanceamento entre o custo individual de cada componente do produto e a sua contribuição funcional.

Entretanto, realizar este balanceamento envolve uma certa complexidade, uma vez que o valor de mercado de um produto pode ser interpretado de diferentes formas, por diferentes consumidores, e que maximizar o valor de mercado de um produto não se resume, somente, a minimizar o custo relacionado aos seus componentes. Em alguns casos, o valor de um produto pode inclusive ser expandido através do incremento de funções, consecutivamente, enquanto o acréscimo de valor gerado por esta expansão suplantar o custo incrementado ao produto.

Uma vez que somente a redução de custo dos componentes não garante efetivamente o aumento do valor de mercado de um produto, a técnica de análise do valor precisou ser revista e expandida, através da inserção de novos conceitos e por meio de algumas adaptações, para um método de análise do valor. Até este momento as estruturas de funções, provenientes da síntese funcional, eram somente utilizadas para localizar custos individuais entre os componentes do produto.

Conforme mencionado anteriormente, balancear o custo individual versus a contribuição funcional de cada componente de um produto envolve uma certa complexidade, que por sua vez, encontra-se diretamente relacionada à verificação do que realmente agrega valor de mercado e serve de diferencial em um produto, bem como da melhor maneira de incorporar tais informações ao produto. Procurando trabalhar esta questão, um pesquisador chamado Charles Bytheway constatou que os consumidores, em geral, acreditam que as funções principais de um produto são invariavelmente atendidas pelas empresas que os desenvolvem e que quem realmente agrega valor, tanto como serve de diferencial, em um produto são as suas funções secundárias, afirma Wixson (2001). Baseado nesta constatação, Charles Bytheway desenvolveu e apresentou ao meio acadêmico em 1964 o Método de Análise do Valor.

O Método da Análise do Valor associou procedimentos da síntese funcional aos princípios propostos pela técnica de análise do valor para otimizar o valor de mercado de um produto. Da síntese funcional resgatou-se a capacidade de desdobrar as funções de um produto até um nível tal de subjetividade que ainda seja possível associar inúmeras alternativas de princípios de solução para atendê-las e da técnica de análise do valor a diretriz de se eliminar todas as funções que não são consideradas importantes para o produto pelo consumidor.

Para materializar esta associação, existe uma forma de relacionar cada princípio de solução que configura um produto às funções atendidas por ele e, então, determinar a participação de cada função elementar no atendimento da função global do produto, sendo que esta forma de se aplicar o método de análise do valor é denominada de matriz custo-função. Com base na importância de cada função no todo do produto pode-se eliminar ou condensar as funções secundárias que representam necessidades que não são valorizadas pelos consumidores (combinando, substituindo ou suprimindo-as). Em suma, as funções ou princípios de solução que devem realmente ser trabalhados são aquelas que possuem um papel funcional secundário e custam proporcionalmente mais do que contribuem para o valor de mercado do produto.

Na matriz custo-função não se indica como diferenciar as funções principais ou secundárias, nem como estimar a participação efetiva de cada função no todo do produto, deixando isto a cargo do bom senso e da experiência da equipe de desenvolvimento de produtos. Embora, nos procedimentos do método da síntese funcional se indiquem alternativas de arranjo ou seqüenciamento destas funções, na forma de estruturas, para auxiliar na distinção das funções principais de secundárias.

Outro procedimento proposto para aplicação do método da análise de valor encontra-se condensado em uma matriz de análise do valor. Esta abordagem se diferencia da anterior por não se basear, exclusivamente, na experiência da equipe de desenvolvimento de produtos. Para isto, as funções do produto são definidas a partir dos requisitos de projeto, resgatados da casa da qualidade do QFD, e a comparação entre a participação de cada princípio de solução no custo e no atendimento das funções do produto é feita com base no percentual de importância que os consumidores designaram para cada um destes requisitos, conforme Crown (1996).

As contribuições efetuadas pelos pesquisadores Lawrence Miles e Charles Bytheway apresentaram um grande avanço no processo de otimização de produtos. Entretanto, à medida que o método de análise do valor foi sendo utilizado, observou-se ainda que as funções relativas aos componentes de um produto eram analisadas individualmente, sem a visão global do sistema em estudo, sendo que funções não operam de forma aleatória ou independente, usando de elos de dependência para configurar um produto. A própria matriz de análise do valor, conforme apre-

sentada por Crown (1996), embora considere a importância de cada componente no todo do produto através da casa da qualidade, não se aplica aos elementos de ligação existentes entre as funções que a integram.

No intento de eliminar este demérito, foram pesquisados meios que permitissem que todos os integrantes de uma equipe multidisciplinar obtivessem a mesma visão global do produto, indiferente da sua formação acadêmica e profissional, enquanto executassem este processo de otimização. A forma adotada para se alcançar tal intento, originou-se da disciplina de Lógica, passou pela configuração gráfica de sistemas, e culminou em um diagrama de blocos. O mesmo diagrama de bloco utilizado para representar estruturas funcionais, embora agora acrescido de uma série de questionamentos que, se aplicado sobre as funções de um produto, permite tanto identificar e testar individualmente cada função obtida para gerar os componentes do produto, quanto analisar a dependência funcional existente entre elas.

Para implementar esta argüição de forma que se possa identificar e verificar, intuitivamente, cada elemento funcional, as suas dependências, e as possíveis lacunas existentes em um sistema, modelou-se um procedimento de análise segundo uma orientação bi-dimensional. Horizontalmente, verifica-se, da esquerda para a direita, a funcionalidade do produto e, da direita para esquerda, a sua integração sistêmica, questionando-se respectivamente **como** e **porque** cada função pode e deve ser executada, ao mesmo tempo em que, verticalmente, se estabelece **quando** as funções do sistema devem ocorrer, identificando assim as suas dependências. Tal análise bidimensional pode ser melhor compreendida através da Figura 3.3.

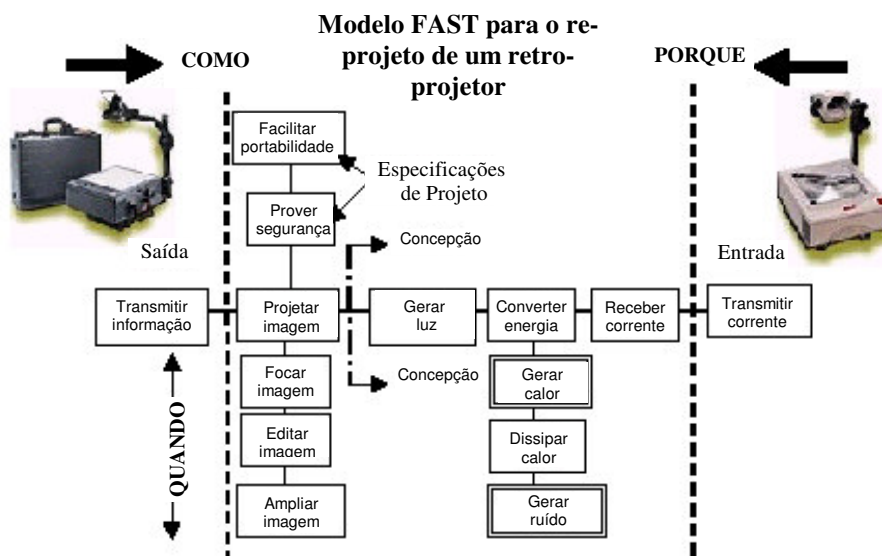


Figura 3.3 - Modelo FAST para um re-projeto, Wixson (2001).

A Figura 3.3 representa a otimização de um retro-projetor, sendo que as especificações pré-estabelecidas para o mesmo foram as seguintes: facilitar a sua portabilidade; prover seguran-

ça ao seu usuário; projetar imagem; focalizar imagem; editar imagem; e ampliar imagem. A título de exemplificação, somente a especificação de projetar a imagem foi desdobrada. A lógica deste desdobramento é a seguinte, a função global do produto consiste em transmitir informação e já se sabe que isto deve acontecer por meio da projeção de imagens, afinal trata-se do re-projeto de um retro-projetor, então, da esquerda para a direita, questiona-se como projetar imagens? Através de luz. Como? Convertendo energia elétrica em óptica. Como? A partir do recebimento de energia elétrica. Como? Do fornecimento de uma rede de transmissão.

Feito isto, identificou-se cada uma das funções a serem atendidas por princípios de solução. Mas será que não existem lacunas entre as funções deste sistema? Vejamos, da direita para a esquerda, porque se deve possuir uma fonte de energia elétrica? Para alimentar o retro-projetor. Porque alimentar o retro-projetor? Para converter esta energia elétrica em óptica. Porque se deseja energia óptica? Para emitir luz. Porque emitir luz? Para projetar imagens.

Quanto às dependências do sistema, quando se converte energia está-se gerando calor, em virtude disto precisa-se dissipar calor. Quando se utiliza um princípio de solução para dissipar calor, muito provavelmente se estará gerando ruídos e assim consecutivamente. Não foi estabelecida a função de suprimir ruído possivelmente porque segundo a percepção do consumidor, tal ruído não vale o custo da sua eliminação, o que não impede que a adoção de um princípio de solução para dissipar calor primando pelo mínimo ruído.

No que tange à otimização de produtos, a grande contribuição desta técnica se encontra na diferenciação gráfica das funções principais e secundárias do sistema, através dos diversos caminhos da estrutura funcional que configura o produto, e na possibilidade de destacar subsistemas e componentes (através de fronteiras) junto de suas respectivas informações, tais como de estimativa de custo e custo-alvo, para serem combinados, substituídos ou eliminados, considerando o efeito de qualquer destes atos sobre o conjunto.

Durante o desempenho do trabalho envolvido em um projeto, no momento em que se chegar à etapa de concepção do produto, tornar-se-á necessário abstrair todas as funções a que ele deve atender. Neste ponto a adoção da técnica de análise funcional de sistemas agregaria muito valor ao projeto, auxiliando na verificação da funcionalidade e integração sistêmica do produto, bem como na determinação das dependências existentes entre as suas funções. Acredita-se, inclusive, que em uma metodologia de projeto a FAST deveria ser adotada como um complemento, ou um passo posterior, da síntese funcional.

No que tange especificamente às atividades de projeto, poder-se-ia procurar empregar a particularidade de argüição desta técnica, tanto para analisar a completude do conjunto de atividades que representam o projeto, através do questionamento de **o que** deve ser feito e **porque**

fazer, quanto para verificar as dependências existentes entre as atividades de projeto, questionando-se **quando** elas devem acontecer.

3.1.5 DEFINIÇÃO INTEGRADA PARA MODELAGEM FUNCIONAL (INTEGRATED DEFINITION FOR FUNCTION MODELING – IDEF0)

Durante a década de 1970, a força aérea norte americana desenvolveu um programa, denominado de ICAM (Integrated Computer Aided Manufacturing), que pesquisava formas de aumentar a produtividade na manufatura, em geral, através do uso orientado de tecnologia computacional. No decorrer deste programa, os seus pesquisadores constataram a precariedade das técnicas existentes para suportar a análise e comunicação deste tipo de processo, o que os levou a trabalhar em um pacote de técnicas, conhecidas atualmente como técnicas IDEF (ICAM Definition), para este fim. As técnicas IDEF foram desenvolvidas, como mencionado anteriormente, de forma orientada para auxiliar originalmente na análise e comunicação de processos de manufatura, suportando a modelagem de diversos elementos característicos ao sistema em estudo.

Dentre as técnicas concebidas a partir do programa ICAM, três delas se destacaram durante a sua validação, as quais foram as seguintes:

- IDEF(0): usada para auxiliar na geração de modelos funcionais. Modelos IDEF0 apresentam as funções, atividades ou processos que constituem um sistema.
- IDEF(1X): usada para auxiliar na geração de modelos de informação. Modelos IDEF1X indicam o tipo das informações utilizadas e as suas inter-relações no sistema.
- IDEF(2): usada para auxiliar no desenvolvimento de modelos dinâmicos. Modelos IDEF2 representam o comportamento do sistema mediante a variação de tempo.

No que diz respeito à técnica IDEF0, objeto de estudo neste trabalho, a representação das atividades que configuram um projeto provém da exposição gradual e evolutiva dos seus detalhes deste processo. Para isto, utiliza-se um procedimento que associa conceitos muito familiares a outras ferramentas descritas anteriormente, tais como, a estrutura de desdobramento do trabalho; o método da síntese funcional; e a técnica de análise funcional de sistemas. Poder-se-ia inclusive concluir que o advérbio de modo “integrado”, utilizado na denominação desta técnica, refere-se exatamente à compilação dos melhores princípios de cada uma destas ferramentas.

Toda esta familiaridade se manifesta, preponderantemente, na adoção de diagrama de blocos associado aos elementos e ao meio envolvido para representar sistemas; na disposição destes diagramas de bloco de forma análoga a uma árvore hierárquica para desdobrar seus elementos; e na adoção da argüição proposta na FAST para auxiliar na avaliação da funciona-

lidade (leia-se completude), integração sistêmica e dependência de cada elemento modelado no sistema.

Embora a IDEF0 tenha sido desenvolvida para suportar processos de manufatura, esta ferramenta pode ser utilizada atualmente para modelar qualquer tipo de processo, sob diferentes pontos de vista. Dentre os principais resultados obtidos com a sua aplicação, são ressaltados na bibliografia a sua capacidade de representar uma ampla gama de operações, em diversos níveis de detalhamento; a sua consistência de uso; a facilidade de interpretação dos seus resultados; e a eficácia demonstrada por seus modelos, o que se comprova pelos diversos anos em que a IDEF0 vem sendo adotada como ferramenta padrão pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos para modelar os seus sistemas, bem como através das diversas ferramentas computacionais que a utilizam como base.

Entretanto, apesar dessa ferramenta poder ser facilmente utilizada, gerar um modelo IDEF0 engloba muito mais do que desenhar caixas e flechas que representam as atividades e objetos constituintes de um processo ou sistema. Por isto, o National Institute of Standards and Technology – NIST (1993) subdividiu a sua aplicação em fases distintas de desenvolvimento destes modelos, que são:

- Fase de coleta de dados

Entrada: o processo ou sistema a ser modelado.

Etapas constituintes:

Pesquisa bibliográfica – coleta das informações necessárias sobre o processo em questão através do estudo das principais fontes disponíveis.

Entrevistas – entrevistas, embasadas no material estudado, com especialistas sobre o assunto.

Análise – aferição das informações adquiridas, consolidadas por meio das entrevistas.

Esboço das atividades – diagramação das informações sobre o processo. Adquirida a segurança necessária na área de domínio do processo selecionado, a equipe de desenvolvimento pode começar, então, a definir quais macro-atividades devem ser desdobradas, iniciando pela atividade que represente o processo de forma geral.

Saída: um esboço inicial das atividades que constituem o processo.

- Fase de estruturação do modelo funcional

Entrada: esboço inicial das atividades do processo.

Etapas constituintes:

Desenho – discriminação de todos e somente os elementos envolvidos no processo. Uma vez definidos, deve-se desenhar caixas, em volta de cada um destes elementos, para diferenciá-los e flechas relacionando-os.

Re-desenho – edição e re-trabalho do texto que expressa as atividades do processo (geralmente a conjunção de um verbo mais um substantivo). O objetivo, neste momento, consiste na edição gráfica e re-arranjo das atividades do processo, buscando clarificar o modelo concebido.

Fixação dos desenhos mestres – modificação dos diagramas de blocos para incorporar as possibilidades de melhoria identificadas na etapa de re-desenho. Esta operação é executada frequentemente em resposta aos comentários dos usuários sobre o primeiro esboço do modelo.

Saída: uma proposta preliminar de diagramação do processo em estudo.

- Fase de apresentação do modelo funcional

Entrada: a proposta preliminar de diagramação elaborada.

Etapas constituintes:

Redação e edição de texto – adição de textos suplementares para completar as informações sobre o processo. Nesta etapa a equipe de desenvolvimento de produtos redige e edita os textos que acompanham os diagramas de blocos do modelo, procurando aliviá-los de detalhes desnecessários e redundâncias.

Montagem – visando uma primeira apresentação deste modelo, para uma amostra do seu público-alvo, prepara-se qualquer material que se faça necessário, sejam diagramas, árvores de nós, glossários ou textos relevantes ao processo.

Saída: o modelo detalhado, pronto para ser apresentado para o público selecionado, do processo sob análise.

- Fase de Iteração entre a apresentação e estruturação do modelo funcional

Entrada: os comentários ou retorno dos usuários do modelo de processo sobre o mesmo.

Etapas constituintes:

Reação – consenso de como proceder quanto a cada uma das críticas efetuadas pelos usuários do modelo de processo.

Exposição – um debate com os respectivos usuários do modelo sobre a forma com que as suas sugestões foram trabalhadas.

Reunião – revisão do progresso no desenvolvimento do modelo de processo e planejamento dos passos posteriores.

Saída: modelo de um processo ou sistema, validado por uma amostra significativa de usuários.

Fica evidente pelo entendimento destas fases que as suas etapas devem ser executadas de forma interativa e iterativa. Por exemplo, a etapa de montagem, da fase de apresentação do modelo funcional, deve necessariamente ser concluída antes da etapa de re-desenho da fase de estruturação do modelo e esta seqüência pode ter de ser executada várias vezes até se chegar a um resultado satisfatório.

O material do NIST (1993) sobre IDEF0 apresenta uma fase posterior às descritas neste trabalho, que foi suprimida por não se adequar ao escopo deste capítulo.

Anteriormente, afirmou-se que sistemas podem ser representados através de um modelo IDEF0, a partir da exposição gradual e evolutiva de detalhes sobre o sistema em estudo. Na prática, isto significa hierarquizar uma série de diagramas de blocos que representam desde a função global deste sistema até as suas funções mais elementares ou básicas, o que não deixa de ser ainda relativamente complexo mesmo se conhecendo a estrutura do processo de modelagem IDEF0.

O primeiro diferencial encontrado nesta técnica, o qual auxilia na adoção desta ferramenta, consiste na padronização de blocos básicos, denominados de ICOM⁵, que são utilizados para representar todos os elementos de diagramas IDEF0. Cada ICOM é usualmente representado por uma caixa associada a diversas flechas, que correspondem respectivamente a uma determinada ação e aos elementos do sistema utilizados ou produzidos por ela. Tais elementos encontram-se invariavelmente classificados em uma das seguintes categorias:

- Entradas (Input): elementos transformados ou consumidos para produzir a saída do processo.
- Controle (Control): elementos que restringem a produção da saída desejada.
- Saída (Output): elemento produzido.
- Mecanismo (Mechanism): meios ou ferramentas que suportam a produção da saída.
- Chamadas (Call): flechas que indicam o compartilhamento de detalhes com outras funções ou atividades para incorporar informações adicionais, necessárias ao processo em estudo.

A configuração gráfica de um bloco básico (ICOM) encontra-se representada na Figura 3.4:

⁵ ICOM = Input + Control + Output + Mechanism.

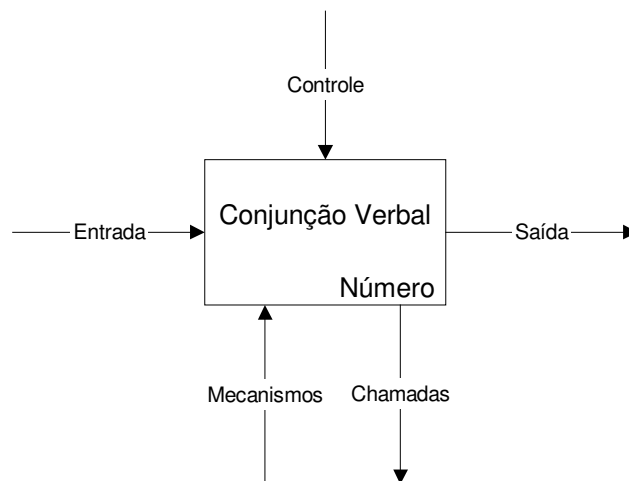


Figura 3.4 - Representação de um ICOM, NIST (1993).

Embora os blocos básicos constituam os pilares da técnica IDEF0, eles não são os únicos diferenciais apresentados para auxiliar na concepção destes modelos. Conceber um modelo IDEF0 através da associação de ICOMs é um processo ainda tão subjetivo, que os resultados obtidos a partir dele podem variar significativamente de uma equipe de desenvolvimento para outra. Por isto, além de estruturar este processo de modelagem em fases, o NIST (1993) desenvolveu um procedimento para auxiliar na aplicação desta técnica, o qual resume-se nos seguintes passos:

- 1°. Criar uma lista de elementos ou objetos que atuam ou são transformados pelo processo em estudo, ou seja, uma lista das entradas e saídas do processo, independente de nível hierárquico. Sugere-se, para isto, anotar todos os elementos que venham à mente, dentro do contexto do modelo, e então agrupá-los por similaridade.
- 2°. Abstrair atividades que processem os objetos obtidos e então representá-las através de caixas que contenham os seus nomes (a conjunção verbal que as representa).
- 3°. Procurar por padrões naturais de conexão para interligar as atividades do processo.
- 4°. Re-configurar estas atividades, através de processos de adição e divisão, até que se obtenha um leiaute que represente o processo modelado de forma adequada.
- 5°. Criar textos, glossários e diagramas somente para exposição de detalhes que salientem pontos importantes do processo e desenhar uma versão final deste que prime pela organização e transparência.

Pode-se observar que, mesmo não existindo planos bidimensionais questionando o como, quando e porque cada elemento do sistema existir ou proceder, estas questões são consideradas quando se define a melhor forma de transformar um objeto de entrada em uma saída.

Existe ainda uma seqüência de desenvolvimento a ser aplicado este procedimento para se

obter modelos IDEF0. Primeiro deve-se abstrair o diagrama de contexto; posteriormente, evoluir para uma árvore hierárquica de nós; e somente então promover a transição desta árvore hierárquica em um diagrama de decomposição, conforme Mcconnelly (1990) e Kimbler (1997), sendo que o NIST (1993) não considera a árvore de nós como um passo essencial para a transição do diagrama de contexto para o diagrama de decomposição.

O diagrama de contexto apresenta a orientação do modelo, ou seja, define o seu propósito, o contexto em que ele encontra-se inserido e o ponto de vista sob o qual ele foi elaborado. Usualmente este diagrama é configurado por um único ICOM que representa a atividade global do processo ou sistema, a qual sugere-se que mantenha tal nível de subjetividade que englobe todo o escopo do processo em estudo. A configuração gráfica proposta para representar um diagrama de contexto encontra-se ilustrada na Figura 3.5.

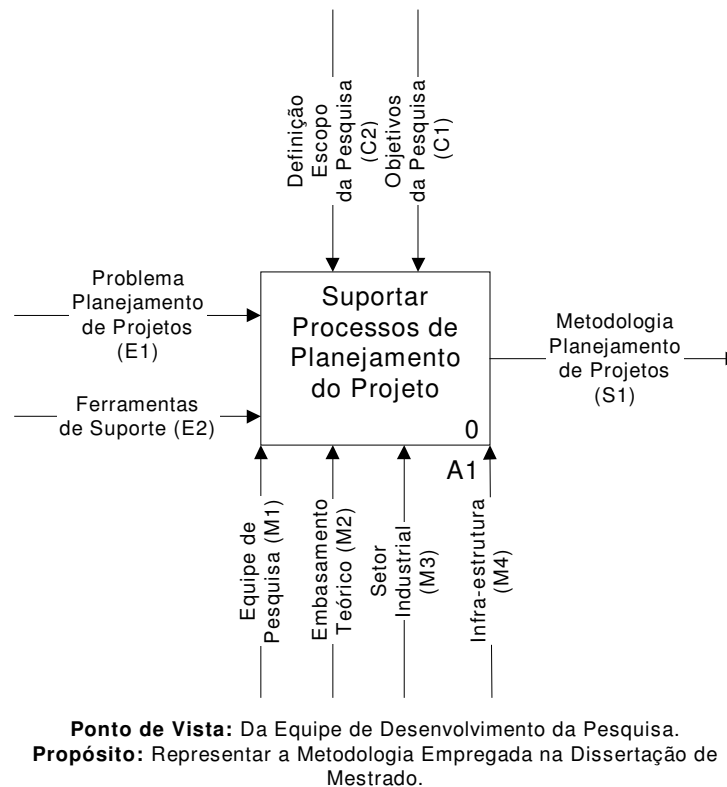


Figura 3.5 - Representação de um diagrama de contexto.

O modelo representado neste exemplo de diagrama de contexto apresenta uma determinada atividade global, no caso a de *Suportar os Processos de Planejamento de Projeto*, e todos os elementos que a caracterizam, que são: um problema de planejamento de projeto e alternativas de ferramentas de suporte (Entradas); uma metodologia sistemática para o planejamento do projeto de produtos industriais (Saída); os objetivos e escopo definidos para este trabalho de pesquisa (Controles); e o apoio de uma equipe de pesquisa e desenvolvimento, do embasamento teórico.

co, da infra-estrutura necessária, e da interação com o setor industrial (Mecanismos facilitadores). Como reivindicado anteriormente, também se encontram apresentados neste exemplo o propósito do modelo e o ponto de vista sob o qual foi concebido. Neste caso, o propósito e o ponto de vista consistem, respectivamente, em representar a metodologia empregada na presente dissertação de mestrado, sob o ponto de vista da equipe de pesquisa que o desenvolveu. Sendo que, o contexto em que se encontra inserido este modelo fica subentendido no todo representado pelo diagrama.

Uma árvore de nós consiste em uma forma de decomposição hierárquica semelhante a um organograma ou a uma árvore genealógica. De posse do diagrama de contexto começa-se a desdobrar a atividade global do processo representado e segue-se abstraindo até chegar em um nível de detalhamento tal, que satisfaça os objetivos traçados pela equipe de desenvolvimento de produtos. Este nível de detalhamento não se encontra claramente especificado na literatura, mas pode-se usar a diretriz da estrutura de desdobramento do trabalho que aconselha a se desdobrar uma atividade até o ponto em que se possa definir e controlar objetivos de desempenho em termos de tempo, custo, escopo e qualidade. Quanto a como realizar efetivamente este desdobramento deve-se seguir o procedimento apresentado anteriormente, definindo consecutivamente o que seria necessário fazer para transformar entradas em saídas, de forma análoga à associação de requisitos de projeto para auxiliar no desdobramento da estrutura de funções da síntese funcional.

Os últimos passos para a obtenção do modelo IDEF0 consistem na transição das atividades abstraídas do processo em ICOMs e na associação destes ICOMs em diagramas de blocos, dispostos de forma decrescente quanto a sua subjetividade, resultando em um diagrama de decomposição. Sugere-se que cada um dos diagrama de blocos que constituem o diagrama de decomposição se mantenha dentro de um intervalo de três a seis atividades menores para cada atividade desdobrada, em função da possibilidade de sintetizar menos do que três atividades em um único ICOM e da dificuldade de se expressar os detalhes de mais do que seis atividades em somente um diagrama de blocos. Caso exista a necessidade de detalhar melhor uma atividade em particular, deve-se capturar o ICOM correspondente a ela e então desdobrá-lo em um novo diagrama de blocos que demonstre as informações desejadas. Encontra-se representado na Figura 3.6 um exemplo de um diagrama de decomposição, abstraído do diagrama de contexto apresentado anteriormente.

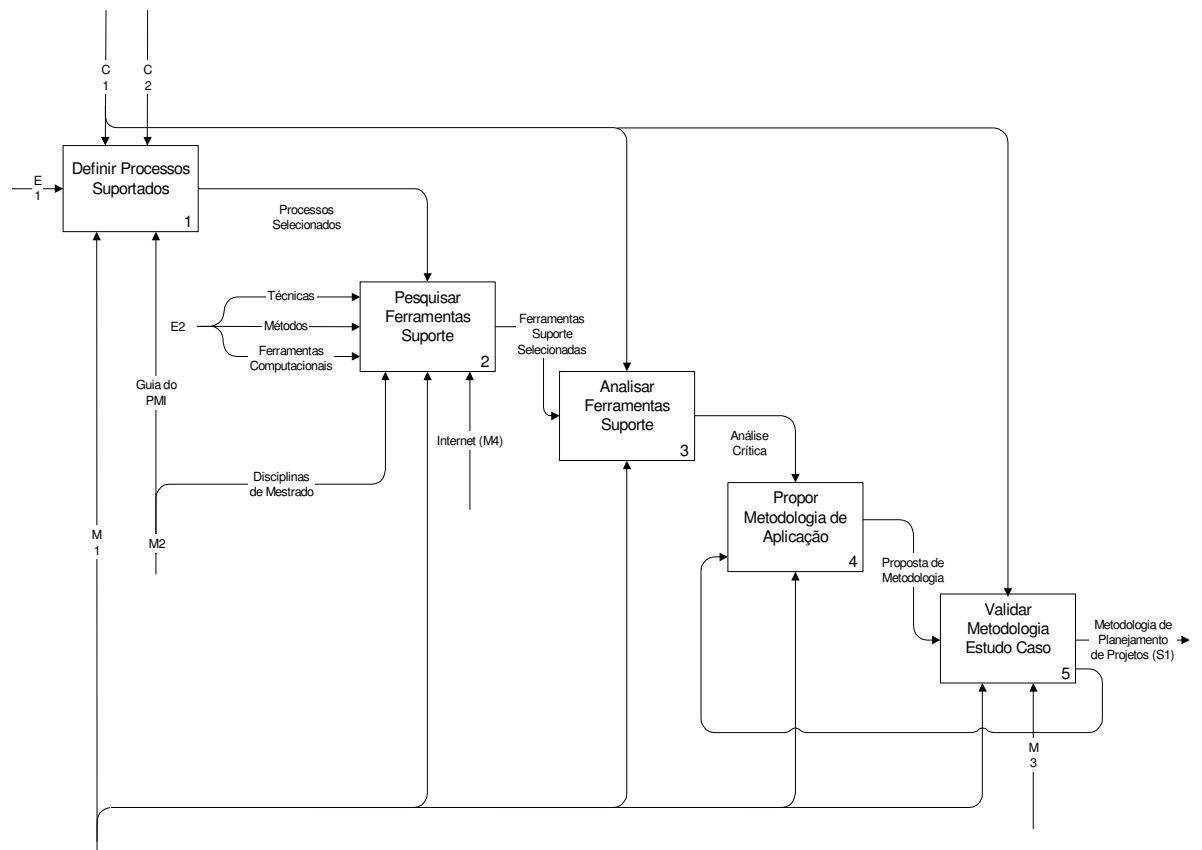


Figura 3.6 - Representação de um Diagrama de Decomposição.

Neste exemplo de diagrama de decomposição a atividade global foi desdobrada em cinco atividades menores, as quais se julgou necessário para transformar os elementos de entrada do diagrama de contexto nas saídas desejadas, segundo os controles especificados e com os mecanismos de suporte disponíveis, sendo que o mesmo corresponde a um diagrama de decomposição de nível mais alto em um modelo IDEF0. Caso se desejasse representar mais detalhes ou informações sobre uma destas atividades, dever-se-ia capturar o seu ICOM e abstrair um novo diagrama de blocos. Deve-se salientar que, como se optou por suprimir a árvore de nós, migrou-se diretamente do diagrama de contexto para o diagrama de decomposição, promovendo uma iteração entre eles até que um resultado satisfatório fosse obtido.

A IDEF0 demonstrou reunir os melhores princípios de quase todas as técnicas e métodos apresentados neste trabalho para auxiliar na definição das atividades de projeto, integrando o **como** desdobrar da síntese funcional com a forma de representação proposta pela estrutura de desdobramento do trabalho, de maneira metódica. Além disto, superou as expectativas da equipe que desenvolve este trabalho, modelando todos os elementos e objetos do processo em estudo, consistindo em um ótimo início para a sistematização dos processos de planejamento de projetos.

3.2 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

No que se refere a ferramentas computacionais de apoio ao processo de definição de atividades foram encontrados, durante a revisão bibliográfica, vários programas comerciais que se comprometem em gerar resultados neste sentido, utilizando para isto algumas das principais ferramentas teóricas apresentadas neste trabalho. Dentre as ferramentas computacionais encontradas, foram analisadas e comentadas as seguintes: Microsoft Visio 2002; iGrafx IDEF0; IDEF0 Primer; e WBS Chart ProTM.

Quanto ao programa Microsoft Visio (2001), segundo a empresa que o desenvolveu, ele se destina à representação, documentação e compartilhamento de idéias, sendo que para atender os seus objetivos, o Visio adota, tal qual a IDEF0, ICOMs para representar os elementos e os objetos modelados de um sistema. No entanto, este programa, diferente da técnica integrada para modelagem funcional, não apresenta procedimentos ou recomendações de como se abstrair estas entidades. Em virtude disto, considera-se que esta ferramenta computacional não se enquadra entre as ferramentas de suporte para a definição das atividades de projeto. Contudo, o Microsoft Visio 2002 apresenta um banco de dados, com padrões gerados a partir da sintaxe IDEF0, que facilita a documentação da aplicação desta técnica, motivo pelo qual se encontra presente neste trabalho.

O programa iGrafx IDEF0 (2001) consiste em um módulo computacional desenvolvido para complementar uma plataforma, denominada de iGrafx Process 2000, que se destina a auxiliar na representação e análise de processos. Segundo a empresa que o comercializa, este programa inova em dois sentidos: permite a simulação dos modelos representados, visando otimizar objetivos de custo e tempo; e apresenta heurísticas que auxiliam a equipe de desenvolvimento de produtos a definir as entidades modeladas, bem como um verificador de regras que afere a sintaxe e a semântica padronizada para as técnicas IDEF. Foi solicitada ao seu fabricante uma versão demonstrativa deste programa, com o objetivo de se analisar mais profundamente o seu potencial e então poder tecer alguma conclusão significativa sobre o mesmo, porém até o término deste trabalho de dissertação de mestrado não foi obtido um retorno.

No que se refere ao programa IDEF0 Primer, o material divulgado sobre este *software* pela empresa que o desenvolveu, a GroupSystems® (2001), é muito abstrato, tecnicamente, para que se faça maiores observações sobre o mesmo, permitindo apenas que o leitor associe a adoção da IDEF0 à modelagem de processos, como anunciado em tantas outras ferramentas computacionais. O que pareceu muito interessante nesta ferramenta foi a preocupação da empresa em viabilizar o desenvolvimento de modelos funcionais em muito menos tempo que as demais con-

correntes, orientando o seu programa para que várias pessoas pudessem compartilhar ou atuar sobre o modelo ao mesmo tempo, em um sistema de estações - servidor.

Finalmente, o programa WBS Chart ProTM permite aos seus usuários planejar e representar os seus projetos de uma maneira muito mais intuitiva, usando para isto a técnica da estrutura de desdobramento do trabalho, garante o seu fornecedor, WBS Chart for Project (2002). Na realidade, o uso desta ferramenta computacional deu segurança para a equipe que desenvolveu este trabalho afirmar que este programa corresponde somente a uma prancheta de desenhos eletrônica, na qual o usuário vai arrastando componentes para formar um diagrama de decomposição. Seu diferencial ou a sua contribuição efetiva para a definição de atividades é que de posse de arquivos de planos de projeto documentados em programas, tais como, o Microsoft Project, pode-se gerar a partir da sua lista de atividades a árvore de decomposição do trabalho que representa o projeto, o que facilita a documentação da aplicação da EDT.

Julga-se conveniente salientar que a análise realizada sobre a maioria destas ferramentas computacionais foi feita com base no material comercial divulgado pelas empresas que os desenvolveu e que somente o Microsoft Visio 2002 e o WBS Chart for Project foram utilizados, sendo que uma versão de teste do Visio foi empregada para documentar o exemplo que se encontra apresentado nas figuras relativas à IDEF0.

Tais ferramentas não foram testadas e descritas mais extensivamente devido demonstrarem prematuramente, entenda-se na sua apresentação, que não possuíam recursos para auxiliar neste processo ou pela dificuldade de se conseguir uma versão de teste ou acadêmica da ferramenta; não foram encontradas ferramentas computacionais que utilizassem diretamente o método da síntese funcional ou a FAST para desdobrar processos; e o propósito deste item reside em demonstrar a dificuldade de se encontrar ferramentas computacionais que sejam comercializadas atualmente para auxiliar neste processo, ficando a perspectiva de quando for possível, explorar a ferramenta computacional iGrafx IDEF0 que se propõem a feitos muito interessantes.

3.3 ÍTEM DE CONCLUSÃO

O principal objetivo do terceiro capítulo deste trabalho era identificar a ferramenta com maior potencial, dentre as estudadas, para auxiliar no desdobramento de atividades, facilitando a divisão do trabalho contido no escopo do projeto nas atividades a serem desempenhadas para se obter um produto. Das ferramentas analisadas se concluiu o seguinte:

- A adoção da técnica de *brainstorming* resume-se ao emprego de alguns procedimentos para reger uma reunião, de forma que se consiga explorar ao máximo a criatividade dos seus participantes, sem que nenhum destes seja tolhido ou alguma das suas idéias desconsidera-

das. Pode-se realizar reuniões de *brainstorming* para identificar as atividades de um projeto, entretanto, não se aconselha a proceder desta maneira devido à assertividade das atividades desdobradas estar diretamente relacionada à experiência e ao conhecimento dos participantes da reunião. Parece bem mais sensato aplicar outras ferramentas, dedicadas especificamente a este fim, na forma de *brainstorming*.

- A técnica da estrutura de desdobramento do trabalho, embora também não apresente um procedimento de como desdobrar atividades de projeto, sugere formas de se orientar durante a execução deste processo. Tais orientações de decomposição devem ser consideradas na metodologia a ser proposta ao final deste trabalho.

- O método da síntese funcional e a técnica da análise funcional de sistemas consistem em ferramentas poderosas para auxiliar na decomposição das funções de um produto e na análise do resultado obtido desta, no entanto, precisariam ser adaptadas para serem empregadas na definição de atividades de projeto.

- A técnica IDEF0 apresenta toda uma estrutura para modelagem de sistemas técnicos que pode ser muito útil se empregada como estrutura, leia-se espinha dorsal, da metodologia a ser desenvolvida.

Assim, depreende-se destas conclusões que se deve iniciar a proposição da metodologia de planejamento pela associação da orientação para decomposição de atividades, oriunda da técnica de estrutura de desdobramento do trabalho, com a estrutura para modelagem funcional de sistemas técnicos proveniente da IDEF0.

CAPÍTULO 4

O PROCESSO DE SEQÜENCIAMENTO DAS ATIVIDADES DE PROJETO

No capítulo anterior se fez necessário distinguir alguns termos e expressões principais antes de se começar a explorar o assunto deste. Neste momento, também se considera importante conceituar os termos seqüenciamento e programação, no âmbito do processo de projeto, antes de dar prosseguimento ao presente capítulo, o que se deve à maioria das ferramentas de suporte relacionadas pela literatura ao processo de seqüenciamento de atividades, estar direcionada, na verdade, para o processo de programação destas.

Segundo a língua portuguesa, e conforme Michaelis (2002), o verbo seqüenciar corresponde à enumeração de eventos que se precedem em ordem ou sucessão, enquanto programar significa enumerar representações, peças ou números que representam uma função geral.

Na área de domínio do processo de projeto, entende-se por seqüenciamento a enumeração dos elementos que constituem um projeto, de maneira lógica quanto a sua execução, à medida que programar envolve algo a mais do que simplesmente enumerar as atividades que compõem um projeto, envolve, por exemplo, a determinação de prazos e recursos para a execução de cada uma destas atividades.

O processo de seqüenciamento identifica e documenta as dependências existentes entre as atividades de projeto, enquanto o processo de programação otimiza o relacionamento identificado, indicando como e quando estas atividades se complementam para atender o escopo do projeto e do produto, afirmam Gido & Clements (1998). A cadeia de atividades de projeto resultante da aplicação destes processos de seqüenciamento e programação é usualmente representada por meio de diagramas.

Definidos e contextualizados estes termos principais, julga-se necessário apresentar ainda mais alguns termos básicos na área de domínio dos processos de seqüenciamento e programação antes de tratar destes diagrama, como segue:

- **Atividade:** conforme definido no capítulo anterior, Cruz (1998) afirma que uma atividade consiste em um conjunto de procedimentos, executados na forma de tarefas, para produzir um determinado resultado,
- **Estrutura ou cadeia de atividades:** trata-se da associação das atividades que integram ou

interagem em um projeto, de acordo com as suas relações lógicas de precedência.

- **Caminho de projeto:** uma série de atividades conectadas entre dois eventos quaisquer.
- **Caminho crítico de projeto:** aquelas atividades conectadas entre dois eventos quaisquer que se não forem concluídas no prazo previsto, comprometem o atendimento dos objetivos de desempenho pré-definidos para todo o projeto.
- **Dependência:** trata-se de uma forma de subordinação, no caso do seqüenciamento de atividades, uma subordinação aos resultados de outras atividades de projeto.
- **Dependências mandatárias:** são aquelas dependências inerentes ao trabalho sendo efetuado, as quais não podem ser desconsideradas. Por exemplo, em um projeto de desenvolvimento contratado para ser entregue em dez meses, no qual o produto a ser desenvolvido utiliza um componente que leva seis meses para ser importado, esta atividade de importação deve obrigatoriamente ser uma das prioridades. Em outras palavras, dependências mandatárias são aquelas que restringem a ordem de sucessão das atividades de um projeto, de acordo com as peculiaridades do produto a ser desenvolvido.
- **Dependências discricionárias:** são aquelas relações de dependência estabelecidas pela equipe de desenvolvimento do produto, geralmente em função da sua experiência e bom senso. Por exemplo, uma equipe de desenvolvimento de produtos muito provavelmente não solicitaria a produção de um lote piloto do produto sem antes ter montado um protótipo do mesmo.
- **Dependências externas:** são aquelas dependências relacionadas a fatores externos ao projeto. Uma situação típica em que os objetivos do projeto são influenciados por este tipo de dependência trata-se do desenvolvimento de um produto que requer algumas características tecnológicas que ainda não se encontram completamente desenvolvidas, tornando necessário concluir este processo de desenvolvimento para então incorporá-las ao projeto. Neste caso, embora não seja escopo do projeto desenvolver tal tecnologia, a falta desta pode comprometer todos os seus resultados.
- **Evento:** corresponde ao resultado da execução de uma ou mais atividades.
- **Precedência:** expressa a ordem de sucessão das atividades de projeto.
- **Restrições de projeto:** fatores que limitam as alternativas de tomadas de decisão, tais como custo, tempo e recursos. Por exemplo, empresas que buscam aprimorar produtos desenvolvidos por empresas concorrentes e inseri-los no mercado com um diferencial competitivo, se defrontam geralmente com duas restrições de projeto, o seu produto deve ser mais acessível do que o produto que já se encontra no mercado e o mesmo precisa ser desenvolvido antes que outras empresas o façam.

Para fechar a parte introdutória deste capítulo, encontram-se representados na Figura 4.1 os principais tipos de dependência existentes entre atividades de projeto.





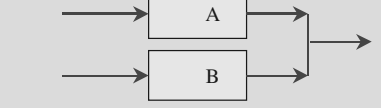

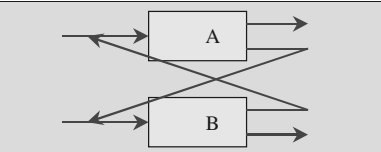
N.º	Tipo	Relação de Precedência	Descrição
01	Fim para Início		A atividade A deve ser concluída para que a atividade B possa ser iniciada.
02	Fim para Fim		A atividade A deve ser concluída para que a atividade B também o seja.
03	Início para Início		A atividade A deve ser iniciada para que a atividade B também o seja.
04	Início para Fim		A atividade A deve ser iniciada para que a atividade B possa ser concluída.
05	Simultâneas		As atividades A e B independem uma do resultado da outra. Estas atividades são também designadas de paralelas.
06	Seqüenciais		Uma atividade deve ser concluída para que a outra possa iniciar.
07	Acopladas		Ambas as atividades A e B dependem do resultado uma da outra.

Figura 4.1 - Relações de dependência entre as atividades de projeto, Back & Ogliari (2000).

Ciente dos tipos de dependência existentes entre atividades de projeto e da maneira de representá-las, basta estabelecer a ordem de sucessão destas e enumerá-las na forma de uma cadeia de atividades de projeto para encerrar o processo de seqüenciamento. Entretanto, executar estes passos não é uma das tarefas mais simples, uma vez que não foram encontradas informações na bibliografia referente a este processo sobre como identificar dependências mandatárias, discricionárias ou externas dentre as atividades de projeto, motivo pelo qual se procurou buscar estas respostas nos procedimentos das ferramentas de apoio que são analisadas neste capítulo.

Mesmo que se soubesse como identificar tais dependências, seria muito difícil garantir a eficácia do plano de projeto sem considerar para isto, ainda que de forma bastante subjetiva, os tempos e recursos disponíveis para executá-lo, o que faz da definição da criticidade de cada uma das atividades de projeto tão importante quanto identificar as dependências existentes entre elas.

Usualmente, tem-se considerado críticas aquelas atividades que apresentam um papel determinante na obtenção dos resultados esperados do projeto, enquanto as atividades que,

embora sejam imprescindíveis para a obtenção dos mesmos, podem ser programadas dentro de condições mais flexíveis, são consideradas atividades não críticas de projeto.

Os pesquisadores Gido & Clements (1998) propuseram alguns predicados para auxiliar na definição desta criticidade, que são:

- **Tempo de início da atividade:** a medida exata de tempo em que se pode iniciar uma atividade sem prejudicar o prazo do projeto, sendo que se consideram atividades críticas de projeto aquelas que necessitam ser priorizadas, dentre as outras, em função das suas dependências.
- **Matéria-prima:** fatores que colocam em risco a execução de uma dada atividade, tais como o tempo mínimo de entrega da matéria-prima necessária para executá-la; as condições de estocagem desta matéria-prima; e a qualidade com que ela é entregue na empresa caracterizar a sua criticidade.
- **Equipamento:** o tipo de equipamento utilizado para executar uma atividade de projeto, assim como, a sua disponibilidade; o tipo de assistência contratada para o mesmo; e o seu histórico de manutenção tornam-na crítica.
- **Tempo de execução:** o tempo real para execução de uma atividade de projeto. Quando se averiguar que o tempo real para executar uma atividade for maior que o previsto, ela passa a ser crítica para o projeto.
- **Tempo de término:** o prazo máximo em que uma determinada atividade pode ser concluída sem prejudicar os objetivos do projeto. Caso o tempo de término de uma atividade esteja muito apertado, em relação ao seu tempo de execução, para ser atendido, esta atividade também é considerada crítica no projeto.

Da mesma forma, as atividades que não são consideradas críticas para os resultados de projeto também foram balizadas pelos pesquisadores segundo algumas características, que são:

- **Paralelismo:** atividades não críticas de projeto podem ser executadas ao mesmo tempo em que outras, tornando a sua execução muito mais flexível que a daquelas atividades que apresentam tempos de início e término estreitamente definidos.
- **Exclusividade:** atividades não críticas de projeto podem ser executadas de forma independente das outras atividades, o que de certa forma as transformam em um subprocesso de uma única atividade de projeto.
- **Tempo de início diverso:** atividades não críticas de projetos são aquelas que se pode adiantar ou atrasar o seu início, dentro de um certo intervalo de tempo, sem prejudicar o desempenho do projeto.

- **Tempo de término diverso:** enfim, atividades não críticas de projeto são aquelas em que se pode ajustar o tempo para concluí-las, conforme certas folgas existentes no projeto.

Em síntese, seqüenciar atividades de projeto corresponde a organizá-las de acordo com as suas dependências, de forma que se demonstre a sua precedência ou ordem de sucessão. Apesar da recomendação anterior de não dissociar seqüenciamento de prazos e recursos, deve-se lembrar que se pretende encontrar, neste trabalho, ferramentas que auxiliem principalmente neste processo de seqüenciamento, demonstrando como identificar dependências entre as atividades de projeto, sendo que a preocupação quanto à programação destas atividades deverá ser conduzida em trabalhos posteriores.

4.1 FERRAMENTAS PARA AUXILIAR NO SEQÜENCIAMENTO DAS ATIVIDADES DE PROJETO

Anteriormente afirmou-se que a cadeia de atividades de projeto resultante do processo de seqüenciamento é usualmente representada por meio de diagramas. Existem muitas ferramentas que se propõem a auxiliar na configuração destes diagramas e uma outra que propõe uma forma diferenciada de representar a estrutura de dependências de um projeto, sendo que é exatamente dentre estas ferramentas que se pretende pesquisar doravante procedimentos que demonstrem qual a melhor maneira para se identificar dependências entre atividades de projeto.

Para isto, encontram-se compilados e descritos neste item os principais métodos e técnicas estudadas como possíveis alternativas de ferramentas de suporte para o processo de seqüenciamento das atividades de projeto. O resultado esperado neste capítulo de análise é a indicação da ferramenta que deverá ser considerada na metodologia a ser proposta para sistematizar a aplicação dos processos de planejamento, neste caso, em especial o seqüenciamento de atividades.

Procurando facilitar o estudo dos procedimentos empregados ao aplicar estas ferramentas, será adotado um exemplo padrão para descrever o funcionamento da maioria dos métodos e técnicas contidos neste item. Tal exemplo hipotético trata-se de um segmento da lista de atividades que deve ser executada para se desenvolver um painel de controle, que se trata de um dos componentes do aparelho domiciliar de cocção, designado fogão. O painel de controle atua no fogão localizando os registros do sistema de gás; posicionando os manípulos de controle do produto; e como um item de acabamento do mesmo, conforme representado na Figura 4.2.

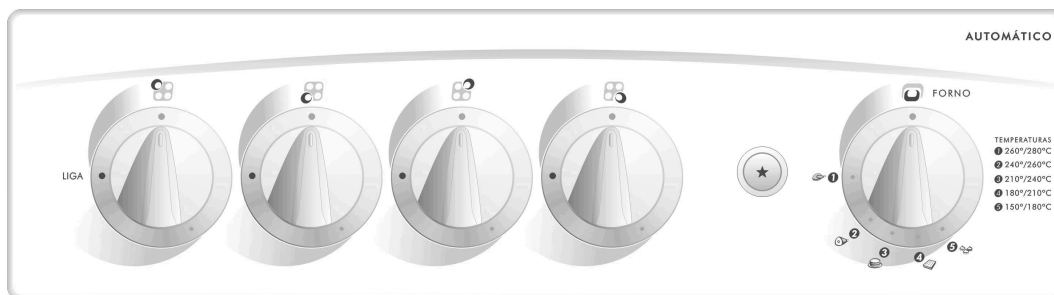


Figura 4.2 –Representação de um exemplo de painel de controle.

Considera-se, para os fins deste exemplo, que em um certo estágio do desenvolvimento deste componente, a equipe de projeto deve, sucessivamente, definir o grafismo do painel de controle; desenvolver o fotolito deste grafismo; e solicitar amostras acabadas deste componente.

4.1.1 MÉTODO DO DIAGRAMA DE PRECEDÊNCIA (PDM – PRECEDENCE DIAGRAM METHOD)

O método do diagrama de precedência, também denominado de método das atividades nos nós, consiste na primeira das ferramentas mencionadas como suporte para auxiliar a configurar cadeias de atividades de projeto, sendo que o procedimento empregado neste método para tal, resume-se em dispor as atividades desdobradas do escopo do projeto na forma de retângulos e então a associá-las por meio de setas. Assim, as atividades de projeto são representadas nas interseções do diagrama e as dependências existentes entre elas nas conexões destas, conforme se pode observar na Figura 4.3.

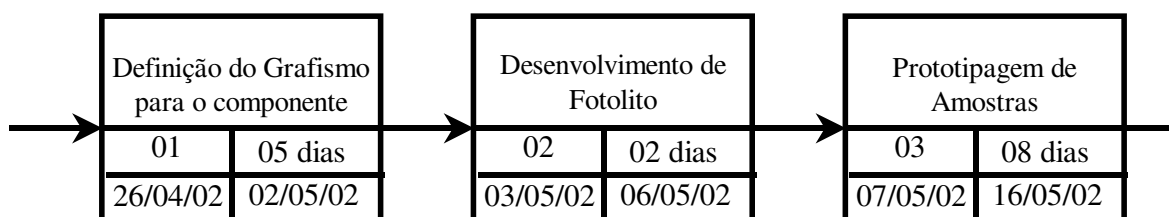


Figura 4.3 – Exemplo parcial de um diagrama de precedência.

O diagrama de precedência da Figura 4.3 representa a lista parcial das atividades do processo de desenvolvimento adotado como exemplo neste item. Consegue-se perceber neste diagrama que as atividades representadas encontram-se dispostas em série, apresentando relações de dependência somente do tipo de fim para início, o que significa que cada uma destas deve ser concluída para que a posterior a ela possa ser iniciada. Nota-se também que estas atividades apresentam informações que ultrapassam os domínios do processo de seqüenciamento, adentrando na programação das atividades de projeto à medida que se passa a considerar datas de início e de término para a execução destas. Entretanto, a constatação mais relevante que se pode fazer a par-

tir do exercício realizado com este exemplo foi que, independente da proveniência das informações que o diagrama representa, esta ferramenta não faz mais do organizar e documentar os resultados dos processos de seqüenciamento e de programação de atividades.

Não foram encontradas na bibliografia referente, identificadas em entrevistas com especialistas, nem depreendidas do procedimento implícito neste método do diagrama de precedências informações de como proceder para identificar as dependências existentes entre as atividades de um projeto, sendo que a única contribuição significativa percebida na adoção desta ferramenta reside mesmo no seu poder de comunicação.

4.1.2 MÉTODO DO DIAGRAMA DE SETAS (ADM – ARROWS DIAGRAM METHOD)

O método do diagrama de setas também corresponde fundamentalmente a uma ferramenta de representação das atividades de projeto e do seu seqüenciamento, embora utilize, para isto, o princípio oposto ao apresentado no método do diagrama de precedências. Quer dizer, em vez das atividades de projeto serem representadas nas interseções do diagrama e as dependências existentes entre elas evidenciadas por meio de setas, agora se procede da maneira inversa, representar as atividades de projeto por meio de setas e as suas dependências através de nós. Não foi encontrada nenhuma explicação direta para esta diferença entre estes dois métodos, mas como só é possível representar dependências do tipo de fim para início nos diagramas de setas, acredita-se que este foi proposto originalmente e então evoluiu para o diagrama de precedências, que permite a representação de qualquer tipo de relação de dependência. Tal convenção encontra-se representada na Figura 4.4.

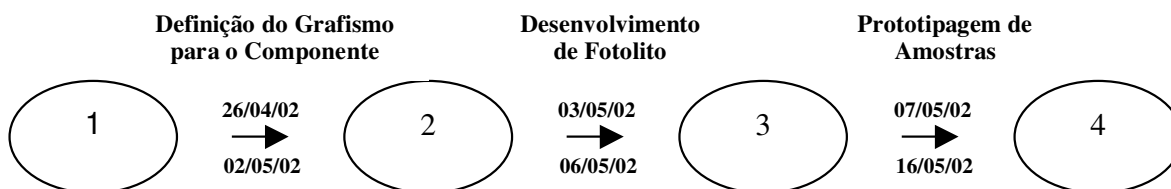


Figura 4.4 – Exemplo parcial de um diagrama de setas.

Da mesma maneira que no método anterior, o método do diagramas de setas também não deve ser considerado uma ferramenta de apoio ao processo de seqüenciamento de atividades de projeto, devido à mesma falta de recomendações e procedimentos para auxiliar no seqüenciamento destas atividades, salientando que ambos os métodos transmitem a responsabilidade por este processo para a equipe de desenvolvimento do produto e para a cultura de planejamento de projetos da empresa.

Embora não seja objetivo deste trabalho comparar ferramentas de representação, percebeu-se algumas diferenças básicas entre estes dois métodos, do diagrama de precedências e do diagramas de setas, que se considera relevante destacar. Por isto, a seguir encontram-se descritas as principais vantagens e desvantagens da adoção destes:

Vantagens - ambos os métodos informam as datas de início e de término de cada atividade de projeto. Tal informação permite a identificação de folgas na execução das atividades de projeto, possibilitando a realocação de tempos e recursos e a reconfiguração da cadeia de atividades para corrigir, se necessário, o andamento do projeto.

Desvantagens - ambas as formas de representação demonstram problemas de interface com os usuários, o que na prática significa que quando se está desenvolvendo projetos ou estruturas de desdobramento do trabalho um pouco maiores ou mais complexas, torna-se complicado demonstrar o relacionamento destas atividades sem conceber longas cadeias de atividades de projeto.

4.1.3 MÉTODO DO CAMINHO CRÍTICO (CPM – CRITICAL PATH METHOD)

O método do caminho crítico também consiste em uma ferramenta de comunicação, a qual destaca a estrutura de dependência das atividades de projeto por meio de setas, afirmam Slack et. al (1997). Como se pode notar, tanto o método do caminho crítico, quanto a PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) derivaram do método do diagrama de setas, sendo que a principal diferença deste método, do caminho crítico, para o método do qual evoluiu reside na proposição de algumas regras que auxiliam o seu usuário a configurar cadeias de atividades de projeto, conforme Kerzner (1998). Tais regras encontram-se descritas a seguir:

1. Um evento não é atingido até que todas as atividades conectadas a ele sejam concluídas.
2. Nenhuma atividade pode ser executada até que o seu evento inicial tenha sido atingido.
3. Duas atividades quaisquer não podem ter os mesmos eventos em ambas as suas extremidades, de início e fim.
4. Atividades fictícias, sem duração, são usualmente apresentadas para acrescentar clareza de desenho ou para manter a lógica do diagrama consistente com o propósito do projeto. Uma atividade pode, por exemplo, não fornecer resultados diretamente para outra, mas, no entanto, influenciar nos resultados desta. A conexão entre estas duas atividades é feita por uma linha pontilhada em diagramas do caminho crítico.

Depreende-se da explanação acima que, embora estas restrições constituam um primeiro passo para facilitar o trabalho da equipe de desenvolvimento de produtos ao realizar a diagrama-

ção das atividades do seu projeto, uma vez que se começa a regrar este procedimento, o presente método se encontra ainda muito distante de suportar esta equipe no processo no seqüenciamento destas atividades. O método do caminho crítico consiste, tal qual o seu predecessor, em uma ferramenta de representação dos elementos de um sistema e das suas relações, e, por isto, também não apresenta procedimentos ou recomendações que auxiliem neste intento.

4.1.4 TÉCNICA DE AVALIAÇÃO E REVISÃO DE PROGRAMAS – PERT (PROGRAM EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE)

A técnica de avaliação e revisão de programas trata-se, conforme mencionado anteriormente, de uma adaptação do método do diagrama de setas, a qual visa aumentar a assertividade deste método quando empregado em ambientes incertos de engenharia, como por exemplo, no planejamento e controle de grandes programas de defesa da marinha norte-americana.

Conforme Slack et. al. (1997), o primeiro exemplo bem sucedido do emprego da PERT remonta a conclusão do programa de desenvolvimento do míssil Polaris dois anos antes do previsto, em 1958, o que se justifica pela pressuposição de que a duração das atividades deste programa de desenvolvimento, bem como o custo envolvido na sua execução, não eram fixos, motivos pelo qual foi aplicada a teoria da probabilidade para estimar estes parâmetros de projeto.

O diferencial desta técnica se encontra no seu procedimento, o qual prescreve a estimativa de três tempos de duração diferentes para a execução de cada atividade deste tipo de projeto, que são: uma estimativa de tempo otimista; uma estimativa de tempo provável; e uma estimativa pessimista. De posse destes três tempos, se calcula o tempo efetivamente esperado para o término da execução de cada uma destas atividades, o qual será utilizado, em conjunto com a sua variância, na programação do projeto. As fórmulas para calcular o tempo esperado para a execução das atividades de projeto e a variância deste encontram-se apresentadas a seguir:

$$t_e = \frac{t_o + 4 * t_l + t_p}{6} \quad \text{Equação (4.1)}$$

$$V = \frac{(t_p - t_o)^2}{36} \quad \text{Equação (4.2)}$$

Em que:

t_e = tempo de duração esperado para a execução da atividade.

t_o = tempo de duração otimista para a execução da atividade.

t_l = tempo de duração mais provável para a execução da atividade.

t_p = tempo de duração pessimista para a execução da atividade.

V = variância da distribuição beta para o tempo esperado.

O procedimento para aplicação da técnica de avaliação e revisão de programas encontra-se ilustrado na Figura 4.5 para facilitar a sua compreensão:

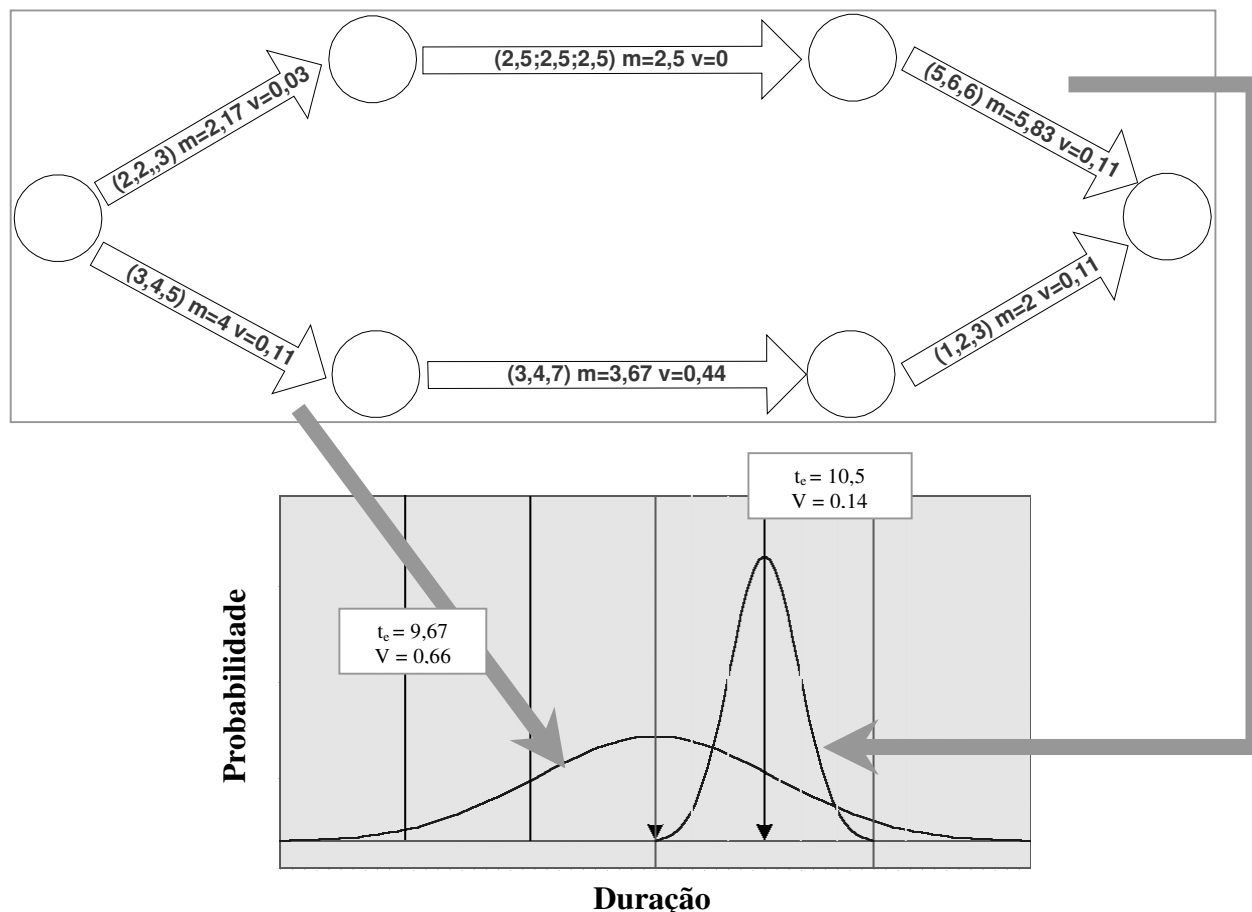


Figura 4.5 - Exemplo hipotético de uma cadeia de atividades PERT, Slack et. al. (1997).

O exemplo da Figura 4.5, representado na forma de um diagrama de setas, retrata uma cadeia de atividades qualquer, a qual apresenta dois caminhos a serem percorridos ao se executar um projeto. O que se pretende mostrar, a partir deste exemplo, é que se consegue identificar riscos de projeto, mediante a adoção da PERT, que não seriam identificados a partir de outras ferramentas.

Pode-se perceber que, nesta cadeia de atividades de projeto, cada uma das atividades representada apresenta alguns dados, que são: três estimativas de tempo para a sua execução; o valor da média destas três estimativas; e o valor da variância a que esta média pode vir a ser submetida. Caso fossem somadas estas médias de tempo “m”, seria obtido o tempo necessário para completar cada um dos caminhos do projeto e seria possível, assim, definir, com base nestes tempos, a criticidade de cada um destes caminhos para o sucesso do projeto.

Como o caminho de projeto representado na parte de cima do diagrama de setas demanda em um tempo esperado de 10,5 dias para ser concluído, enquanto o outro caminho levaria 9,67 dias para ser executado, seria natural que a equipe de desenvolvimento definisse o primeiro destes caminhos como crítico para o projeto.

No entanto, a PERT sugere que seja calculada ainda a variância dos tempos esperados. Com base nos resultados deste cálculo poder-se-ia notar que a consideração anterior poderia levar o projeto ao fracasso, uma vez que a variância do tempo para se executar o caminho que a equipe havia definido como crítico é bem menor do que a variância do tempo para necessário para completar o outro caminho. A análise dos resultados de variância inverteria a criticidade dos caminhos de projeto em função da proximidade dos valores de tempo esperado.

Depreende-se de tudo isto, que a técnica de avaliação e revisão de programas utiliza as informações provenientes de um diagrama de setas para aprimorar os resultados da programação do projeto, atuando uma ferramenta de suporte neste processo, a qual não contribui com o seqüenciamento das atividades de projeto.

4.1.5 MATRIZ DA ESTRUTURA DE PROJETO (DSM – DESIGN STRUCTURE MATRIX)

A matriz da estrutura de projeto (DSM), também denominada matriz da estrutura de dependências, consiste basicamente em uma ferramenta de análise de sistemas técnicos e processos, a qual promove uma representação clara e concisa de processos complexos e apresenta um método de captura das dependências existentes entre os elementos dos mesmos, segundo Back & Ogliari (2000). A bibliografia atribui algumas vantagens ao emprego da DSM, dentre as quais destacam-se as seguintes:

1. A DSM permite, ao mesmo tempo, uma representação concisa e sistêmica de processos complexos;
2. Facilita a identificação das dependências existentes no processo;
3. Descreve o processo de projeto de tal maneira, que o mesmo pode ser analisado e modificado para prover uma prescrição da sua execução, com riscos programados e tempo reduzido;
4. Consiste em um meio preciso para se gerenciar cronogramas e antecipar riscos, sendo usual representar tempos de projeto na diagonal da DSM;
5. Demonstra apropriadamente atividades simultâneas;
6. Consiste em um meio rápido e preciso de se examinar potenciais alterações no seqüenciamento das atividades de projeto e o efeito destas sobre o seu cronograma;

7. Facilita a organização de recursos, reduzindo iterações no projeto.

Apesar das vantagens enumeradas serem muitas, e todas elas significativas, a forma que a DSM promove a maioria destas é bastante simples, evoluindo das longas cadeias de atividades de projeto tradicionais, oriundas da aplicação das ferramentas anteriores, para a representação matricial de projetos. Anteriormente afirmou-se que, conhecidos os tipos de dependência de projeto e a forma de representá-los conseguir-se-ia dispor as atividades de projeto conforme a sua precedência. No caso da DSM, fez-se necessário adaptar graficamente estes tipos de dependência a forma de representação matricial, conforme se encontra ilustrado na Figura 4.6.

Relacionamento	Em paralelo	Seqüenciais	Acopladas																																																						
Representação gráfica utilizada na PDM, ADM, CPM e PERT.																																																									
Representação matricial binária adaptada para a DSM.	<table border="1"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td>A</td><td>.</td></tr> <tr><td>B</td><td>.</td><td>B</td></tr> </table> <table border="1"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td>A</td><td>0</td></tr> <tr><td>B</td><td>0</td><td>B</td></tr> </table>		A	B	A	A	.	B	.	B		A	B	A	A	0	B	0	B	<table border="1"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td>A</td><td>.</td></tr> <tr><td>B</td><td>X</td><td>B</td></tr> </table> <table border="1"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td>A</td><td>0</td></tr> <tr><td>B</td><td>1</td><td>B</td></tr> </table>		A	B	A	A	.	B	X	B		A	B	A	A	0	B	1	B	<table border="1"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td>A</td><td>X</td></tr> <tr><td>B</td><td>X</td><td>B</td></tr> </table> <table border="1"> <tr><td></td><td>A</td><td>B</td></tr> <tr><td>A</td><td>A</td><td>1</td></tr> <tr><td>B</td><td>1</td><td>B</td></tr> </table>		A	B	A	A	X	B	X	B		A	B	A	A	1	B	1	B
	A	B																																																							
A	A	.																																																							
B	.	B																																																							
	A	B																																																							
A	A	0																																																							
B	0	B																																																							
	A	B																																																							
A	A	.																																																							
B	X	B																																																							
	A	B																																																							
A	A	0																																																							
B	1	B																																																							
	A	B																																																							
A	A	X																																																							
B	X	B																																																							
	A	B																																																							
A	A	1																																																							
B	1	B																																																							

Figura 4.6 - Formas de precedência adotadas na DSM, Back & Ogliari (2000).

Pode-se observar na Figura 4.6 a presença na DSM das mesmas disposições seqüencial, em paralelo e acoplada utilizadas para estabelecer a ordem de sucessão entre atividades de projeto nos métodos anteriores. A adaptação mencionada reside na indicação destas disposições na forma matricial binária, seja através de sinais, tais como “X” e “.” ou “1” e “0”.

Uma das constatações deste trabalho foi a de que se a definição das atividades de projeto for processada de forma criteriosa, a equipe de desenvolvimento de produtos adquire uma idéia inicial bastante precisa acerca da ordem que estas atividades devem ser executadas. Isto se deve, em grande parte, ao fato do desdobramento das atividades de projeto, segundo a IDEF0, basear-se no relacionamento existente entre elas.

A lógica de trabalho de uma DSM consiste em representar a lista de atividades de projeto, resultante do processo de definição destas, disposta segundo esta idéia preliminar de seqüenciamento, e então analisar o resultado desta representação, movimentando linhas e colunas para reduzir as iterações identificadas entre elas.

Para isto, lista-se nas linhas da primeira coluna de uma matriz as atividades de projeto, rotulando-as por letras ordenadas alfabeticamente. Estes mesmos rótulos são repetidos em tantas colunas da matriz quanto forem os números de linhas utilizadas, formando uma matriz quadrada com uma diagonal de interseções que representam uma mesma atividade de projeto, conforme representado na Figura 4.7.

Atividades	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Definir as especificações de projeto para o componente.	A	1								
Dimensionar o painel de controle.	B	X								
Desenvolver o grafismo para o painel de controle.	C	X	X	5			X			
Confeccionar o desenho para produção deste componente.	D	X	X	X	1		X			
Solicitar a produção do fotolito para este grafismo.	E			X	X	X	X			2 dias
Produzir amostras deste novo componente.	F			X	X	X	8	X		
Submeter estas amostras à aprovação das áreas de Marketing, Design e Engenharia.	G	X				X	1			
Avaliar a qualidade e robustez do componente em ensaios de laboratório.	H	X				X	X	5		
Elaborar roteiro de fabricação, folha de instruções de Trabalho e plano controle para componente.	I				X				1	
Liberar o componente para ser utilizado na produção.	J							X		1

Figura 4.7 – Exemplo do desenvolvimento do painel de controle na forma de uma DSM.

Tal diagonal atua na DSM como uma referência da uniformidade⁶ de execução do projeto, ou seja, quanto mais sinais estiverem localizados acima desta diagonal, maior será a iteração existente. No caso da Figura 4.7, as atividades C, D, E e F podem vir a ser re-trabalhadas por estarem acopladas aos resultados da atividade G.

Um usuário inexperiente pode confundir-se ao utilizar uma DSM. Por isto, foi padronizada a forma de interpretá-la, sendo que a leitura das linhas da DSM permite a este usuário identificar as entradas para a execução de cada atividade de projeto, assim como a leitura das suas colunas localiza os resultados fornecidos por ela. Por exemplo, para executar a atividade F, ilustrada na Figura 4.7, faz-se necessário obter antes os resultados das atividades C, D, E e G, bem como esta mesma atividade fornece resultados para as atividades G e H.

Além de relacionar a estrutura de dependência do projeto, o presente método apresenta uma proposta diferenciada para identificar ciclos de interação entre as suas atividades. Entenda-se por ciclos de interação aquelas atividades que se retro-alimentem, as quais devem ser localizadas as mais próximas possíveis uma da outra na execução do projeto para otimizar os seus recursos. Tal proposta, formulada pelos pesquisadores Pimmler & Eppinger (1994), encontra-se ilustrada na Figura 4.8 e sugere proceder como segue:

- Identificam-se aquelas atividades que podem ser executadas independentemente do resultado de outras atividades da matriz. Como mencionado anteriormente, estas atividades podem ser facilmente localizadas através das linhas vazias da DSM, sendo que, uma vez identificadas, estas devem ser retiradas e reposicionadas na extremidade superior de uma nova matriz. (Primeiro passo da Figura 4.8)
- Identificam-se aquelas atividades na DSM que não fornecem resultados para outras atividades. Estas atividades também devem ser localizadas na DSM, através das suas colunas vazias, removidas e reposicionadas na extremidade inferior da nova matriz. (Segundo passo da Figura 4.8) Se depois da execução destes dois primeiros passos não restar nenhuma atividade de projeto na matriz, então a DSM encontra-se completamente particionada. Caso contrário, os elementos restantes apresentam, obrigatoriamente, interação entre eles.
- Determinam-se os ciclos de interação no projeto, conforme detalhado posteriormente.
- Agrupam-se as atividades relacionadas em um único destes ciclos de interação entre os conjuntos de atividades de projeto inseridos nas extremidades superior e inferior da nova DSM. (Terceiro passo da Figura 4.8) Ao término da determinação de cada ciclo de interação de um projeto deve-se retornar ao passo anterior se ainda houver atividades de projeto na DSM original.

As atividades de projeto representadas nas matrizes da Figura 4.8 são meramente ilustrativas para fins de representação.

⁶ Uniformidade de execução significa executar uma dada atividade sem precisar adiantar atividades posteriores a ela para realizá-la.

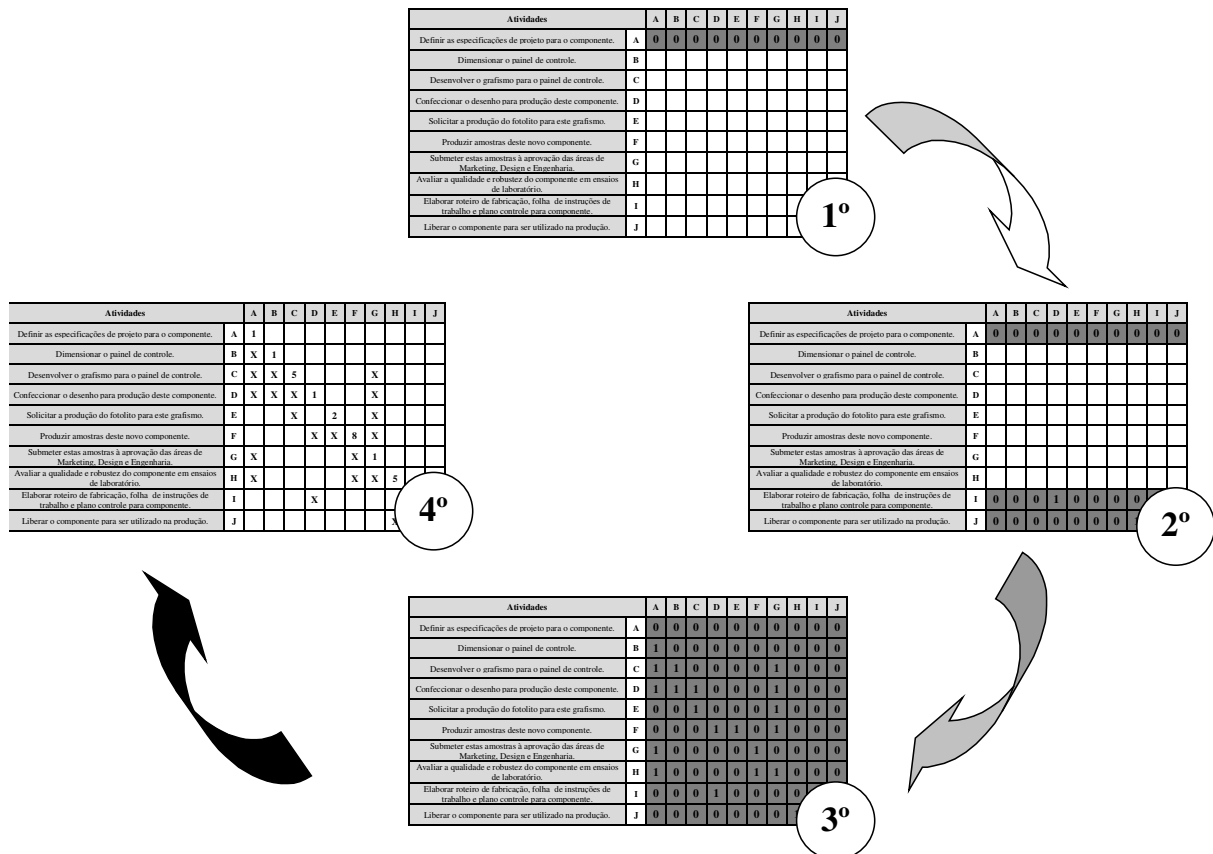


Figura 4.8 – Sequência do particionamento de uma DSM.

Quanto à determinação dos ciclos de interação entre as atividades de um projeto, esta deve ser feita através do método da matriz de adjacência. Isto se deve a capacidade desta ferramenta de reduzir um problema combinatório⁷ bastante complicado ao cálculo de potências de matrizes. No método da matriz de adjacência ao se elevar uma matriz quadrada ao expoente n , cruzando as suas linhas i com as suas colunas j , identifica-se, como o próprio nome do método já diz, a adjacência existente entre os seus elementos. No caso do processo de projeto, tal adjacência entre os elementos da matriz refere-se à dependência existente entre atividades de projeto.

O princípio para se identificar estas adjacências é bastante simples, basta elevar a matriz quadrada binária, configurada mediante o emprego da notação "0" e "1", ao expoente n e procurar nos valores resultantes desta multiplicação resultados diferentes de zero. Um único porém é que a diagonal de interseções que representam uma mesma atividade deve ser originalmente preenchida com o número zero. Feito isto, todo e qualquer valor igual ou acima de um apontado nesta diagonal, em uma ou mais destas interseções, indicará o relacionamento delas.

Procurando promover o entendimento tanto do processo de particionamento de uma DSM como um todo, quanto desta atividade de determinação dos ciclos de interação, encontram-se exemplificados a seguir os seus procedimentos:

1. Processo de particionamento - identifica-se àquelas atividades que não dependem do resultado de nenhuma outra atividade de projeto para serem concluídas. Estas atividades devem ser removidas da DSM original e reposicionadas na extremidade superior de uma nova DSM. A exemplificação desta primeira tarefa do processo de particionamento encontra-se representada na Figura 4.9.

Atividades	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Definir as especificações de projeto para o componente.	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 4.9 - Atividade independente do resultado de outras atividades de projeto.

A atividade de projeto independente do exemplo da Figura 4.7 encontra-se rotulada pela letra A.

2. Identificam-se as atividades que não fornecem resultados para outras atividades de projeto na DSM original, removendo-as desta e reposicionando-as na extremidade inferior da nova DSM, conforme exemplificado na Figura 4.10.

Elaborar roteiro de fabricação, folha de instruções de trabalho e plano controle para componente.	I	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Liberar o componente para ser utilizado na produção.	J	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Figura 4.10 - Atividades que não fornecem resultados para outras atividades de projeto.

Pode-se observar na figura acima que as atividades que não fornecem resultados para outras atividades de projeto no exemplo da Figura 4.7 são aquelas rotuladas pelas letras I e J.

3. Determinam-se os ciclos de interação na matriz (atividade de determinação dos ciclos de interação entre as atividades de um projeto).
 - 3.1 Para isto, a primeira tarefa que se deve desempenhar é substituir os sinais de dependência entre as atividades listadas na DSM pelos números "1" e "0", no caso destes sinais não terem sido configurados de acordo com esta notação, conforme ilustrado na Figura 4.11.

⁷ Problema combinatório trata-se, neste caso, da identificação dentre inúmeras atividades de projetos daquelas que interagem entre si.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
D	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
E	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
F	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0
G	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
H	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
I	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Figura 4.11 - Matriz binária de atividades de projeto.

3.2 Feito isto, a tarefa seguinte deve ser elevar a matriz binária resultante ao quadrado, multiplicando para isto as suas linhas pelas suas colunas. O resultado desta operação algébrica encontra-se representado na Figura 4.12.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0
D	3	1	0	0	0	1	1	0	0	0
E	2	1	0	0	0	1	1	0	0	0
F	3	2	2	0	0	1	3	0	0	0
G	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0
H	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0
I	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
J	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0

Figura 4.12 - Matriz de adjacência elevada ao quadrado.

Pode-se notar, na diagonal da Figura 4.12, que o valor resultante da multiplicação de matrizes para as atividades F e G foi diferente de zero, o que significa que estas atividades compõem um mesmo ciclo de interação.

3.3 Repete-se esta operação de potência, elevando a matriz da DSM na $n+1$, partindo do seu quadrado, consecutivamente, até que os resultados desta operação comecem a se repetir, conforme exemplificado nas Figuras 4.13, 4.14 e 4.15.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0
D	2	0	1	1	1	1	1	0	0	0
E	2	0	1	1	1	1	1	0	0	0
F	7	2	1	1	1	3	3	0	0	0
G	3	2	2	0	0	1	3	0	0	0
H	3	2	3	1	1	1	4	0	0	0
I	3	1	0	0	0	1	1	0	0	0
J	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0

Figura 4.13 - Matriz de adjacência elevada ao cubo (2 + 1).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	3	2	2	0	0	1	3	0	0	0
D	3	2	3	1	1	1	4	0	0	0
E	3	2	3	1	1	1	4	0	0	0
F	7	2	5	3	3	3	6	0	0	0
G	7	2	1	1	1	3	3	0	0	0
H	10	4	3	1	1	4	6	0	0	0
I	2	0	1	1	1	1	1	0	0	0
J	3	2	3	1	1	1	4	0	0	0

Figura 4.14 - Matriz de adjacência elevada na quarta (3 + 1).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	7	2	1	1	1	3	3	0	0	0
D	10	4	3	1	1	4	6	0	0	0
E	10	4	3	1	1	4	6	0	0	0
F	16	8	9	3	3	6	14	0	0	0
G	7	2	5	3	3	3	6	0	0	0
H	14	4	6	4	4	6	9	0	0	0
I	3	2	3	1	1	1	4	0	0	0
J	10	4	3	1	1	4	6	0	0	0

Figura 4.15 - Matriz de adjacência elevada na quinta (4 + 1).

Pode-se observar nas Figuras 4.13, 4.14 e 4.15 que as atividades de projeto C, D, E, F e G formam um único ciclo de interação. Para confirmar se não existiam outros ciclos no projeto, a matriz binária foi elevada consecutivamente até o expoente cinco, quando os resultados desta operação se repetiram.

Depreende-se da análise dos ciclos identificados que as atividades F e G devem permanecer acopladas e as atividades C, D, E, F e G devem ser mantidas as mais próximas possíveis, sendo que deve-se dispor as atividades C, D, E, F e G entre a atividade A e as atividades

H, I e J, conforme exemplificado nas Figuras 4.16 e 4.17.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	A									
B	X	B								
C	X	X	C				X			
D	X	X	X	D			X			
E			X		E		X			
F			X	X	X	F	X			
G	X					X	G			
H	X					X	X	H		
I				X					I	
J								X		J

Figura 4.16 – Matriz de adjacência resultante.

Atividades	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Definir as especificações de projeto para o componente.	A	1								
Dimensionar o painel de controle.	B	X	1							
Desenvolver o grafismo para o painel de controle.	C	X	X	5			X			
Confeccionar o desenho para produção deste componente.	D	X	X	X	1		X			
Solicitar a produção do fotolito para este grafismo.	E		X		2		X			
Produzir amostras deste novo componente.	F		X	X	X	8	X			
Submeter estas amostras à aprovação das áreas de Marketing, Design e Engenharia.	G	X				X	1			
Avaliar a qualidade e robustez do componente em ensaios de laboratório.	H	X				X	X	5		
Elaborar roteiro de fabricação, folha de instruções de trabalho e plano controle para componente.	I				X				1	
Liberar o componente para ser utilizado na produção.	J							X		1

Figura 4.17 - DSM resultante do processo de particionamento.

Concluída a tarefa 3.3, tanto a atividade de identificação dos ciclos de interação no processo de projeto, como o processo de particionamento encontram-se encerrados. A teoria no caso do exemplo da Figura 4.7 correspondeu exatamente à prática, consolidada pelo método da tentativa e erro. A Figura 4.17 não apresenta nenhuma diferença da 4.7, como na teoria, na prática a atividade A realmente inicia o processo de projeto deste componente; bem como as atividades F e G devem ser mantidas acopladas e as atividades C, D, E, e F repetidas todas as vezes que o componente for reprovado (G); e as atividades H, I e J representam efetivamente o término deste desenvolvimento.

Da DSM resultante, pode-se concluir que o presente método é bastante efetivo para auxiliar no seqüenciamento das atividades de projeto, devido à precedência proposta inicialmente para as atividades de desenvolvimento do painel de controle exemplificado resultarem

da cultura de planejamento de uma determinada empresa do setor de eletrodomésticos, aperfeiçoada ao longo de um ano.

Entretanto, como a DSM foi desenvolvida originalmente por Steward (1981) para ser empregada de maneira isolada de outras ferramentas, o grupo de estudos da DSM no MIT (2002) estabeleceu uma estrutura para aplicar este procedimento que facilita o registro, otimização e comunicação do seqüenciamento das atividades de projeto. Esta estrutura também compreende a execução de outros processos de planejamento, tais como o de definição do escopo e das atividades de projeto, conforme descrito a seguir:

- **Definição do escopo do processo de projeto:** é imprescindível delimitar as fronteiras do processo em estudo, bem como os seus objetivos antes de definir as suas atividades. A definição de diferentes processos implica na obtenção de diferentes resultados de DSM.

- **Listagem das atividades deste processo:** as atividades do processo de projeto podem ser definidas com base em documentos de projeto existentes; a partir de entrevistas com especialistas; dentre outros. Porém, a experiência na aplicação da DSM tem mostrado o resultado inicial do processo de definição de atividades necessita freqüentemente ser aprimorado em função da análise das suas interações.

- **Análise das dependências existentes entre as atividades de projeto:** o objetivo agora consiste em se enumerar as atividades de projeto segundo a sua ordem de precedência ou sucessão. Para isto, a equipe que desenvolve a DSM deve estudar os documentos de projeto e argüir especialistas sobre a área de domínio deste, uma vez que existe uma grande quantidade de regras de projeto não escritas e muitas informações mantidas somente na memória de engenheiros. Durante a análise das dependências de projeto muitas vezes faz-se necessário retornar ao passo anterior, incrementando ou editando atividades para manter a lógica do projeto em estudo.

- **Construção da matriz de dependência:** utiliza-se como base para esta construção matrizes binárias simples, entenda-se com notação "0" e "1". Caso se faça necessário aprofundar a análise sobre o processo, deve-se incorporar detalhes numéricos que aumentam o volume de informações sobre o projeto na matriz. Um exemplo disto é a informação sobre o prazo para se executar cada atividade de projeto da Figura 4.7.

- **Revisão desta matriz por especialistas:** uma vez que a DSM foi construída, ela deve ser submetida ao crivo de especialistas sobre a área de domínio do projeto, sendo que além da contribuição inquestionável destes para a confiabilidade do resultado da DSM, promove-se o

aprimoramento do conhecimento sobre o próprio processo de projeto. A maioria dos engenheiros e gerentes de projeto que manipularam os resultados de uma DSM afirmou ter ficado muito impressionada com o poder desta ferramenta, mencionando inclusive nunca ter enxergado o processo de projeto como então, o que os fez pensar sobre a prática adotada na execução dos seus projetos e a propor melhorias.

Deve-se mencionar ainda que a DSM continua sendo desenvolvida e implementada para muitas outras aplicações, o MIT (2002) classificou até o momento quatro tipos de dados para os quais foi comprovada a validade de se empregar a DSM, que são: para expor o relacionamento de múltiplos componentes na arquitetura de sistemas; para evidenciar as características de interface entre as equipes de desenvolvimento de produto; para identificar a dependência entre as atividades de um projeto; e para identificar os precedentes necessários para se executar as tarefas de um projeto, facilitando assim o planejamento da fabricação do produto. Estas aplicações foram estudadas durante o desenvolvimento deste trabalho, entretanto não foram descritas neste capítulo por desviarem do tema central do mesmo.

4.2 ITEM DE CONCLUSÃO

Para fins de conclusão deste capítulo, faz-se necessário lembrar que o seu principal objetivo era estudar ferramentas e/ou recomendações que auxiliassem no seqüenciamento das atividades de projeto, para que se pudesse escolher, dentre as ferramentas estudadas, aquela que fosse considerada pela equipe que desenvolveu este trabalho de pesquisa a mais indicada para compor a metodologia a ser apresentada como resultado deste. Ao analisar as ferramentas selecionadas na literatura para este intento, concluiu-se que os métodos PDM, ADM, CPM e PERT auxiliam na organização e representação do resultado do processo de seqüenciamento, facilitando a programação do projeto. No que diz respeito ao seqüenciamento das atividades de projeto, todos estes métodos não informam como proceder para executá-lo. Diferente da DSM, que se mostrou uma ferramenta de suporte que auxilia e facilita significativamente no seqüenciamento de atividades e deve ser seguramente incorporada a metodologia proposta para sistematização dos processos de planejamento de projetos.

4.3 POSSÍVEIS TRABALHOS A SEREM DESENVOLVIDOS COM A DSM

Tamanho dos recursos humanos, ou quais as atividades que devem ser realizadas por equipes de engenharia simultânea. Ver artigo dos pesquisadores Austin & Steele (2001).

CAPÍTULO 5

METODOLOGIA PARA O PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES DE PROJETO

Muitos são os profissionais que ao iniciarem a sua carreira na área de desenvolvimento de produtos, ou mesmo ao mudarem de segmento de atuação, encontram sérias dificuldades ao ter de definir o que fazer para desenvolver os seus novos produtos. Numerosas são as empresas que possuem todo um histórico de desenvolvimento de produtos e, no entanto, deixam que o mesmo permaneça enclausurado somente na memória de alguns dos seus engenheiros. Tantas outras são aquelas que possuem o seu próprio processo de desenvolvimento completamente modelado, porém permitem que este conhecimento se desatualize de tal maneira, que ao passar do tempo ninguém mais sabe justificar os porquês da sua configuração, muito menos como resgatá-los.

Por todos estes motivos, procurou-se compilar neste capítulo, de forma criteriosa e ordenada, os procedimentos e recomendações considerados mais significativos, dentre os estudados, visando que equipes de desenvolvimento consigam, a partir desta compilação, identificar mais facilmente o trabalho inserido nos seus projetos; que empresas perpetuem a sua cultura de planejamento, libertando-as das mãos de poucos e passando o seu conhecimento para o domínio comum; em suma, que ao término dos processos de definição e de seqüenciamento das atividades de projeto, se obtenha um documento prescritivo que oriente no que e quando fazer durante todo o desenvolvimento de um produto.

Nos capítulos anteriores foi dissertado sobre alguns métodos, técnicas e recomendações que se destacaram como ferramentas de apoio a estes processos de definição e seqüenciamento. Dentre estas ferramentas, resgatou-se daquelas mais significativas a estrutura e os procedimentos, modelados na forma de uma proposta de metodologia, para alcançar os objetivos mencionados acima. Concomitantemente, foram apontadas algumas entradas principais, necessárias para a execução destes processos, que são: a definição da equipe de desenvolvimento do produto e do escopo do projeto.

Entende-se por definição da equipe de desenvolvimento de produto, os recursos humanos permanentes no projeto e as especialidades requeridas para o atendimento dos objetivos deste. Ao mesmo tempo em que a definição do escopo compreende a identificação destes objetivos a que se pretende atender e as justificativas para eles terem sido estipulados.

O motivo da equipe de desenvolvimento de produtos ser considerada como uma das entradas fundamentais para estes processos de planejamento se deve a ela ser responsável, de certa forma, pelo sucesso do projeto. Isto pode ser visualizado sob dois enfoques distintos: caso a equipe de desenvolvimento de produtos não participe do planejamento do projeto, muito provavelmente, ela não se sentirá comprometida com os resultados deste; além disto, seria muito difícil para um corpo exclusivamente de engenheiros de produto, por exemplo, desdobrar atividades de projeto relacionadas a todas as diferentes áreas compreendidas no seu desenvolvimento.

Quanto à definição do escopo do projeto, esta se deve à necessidade de limites para o que se pretende fazer, em função de tempos e recursos, sem os quais, a equipe de desenvolvimento poderia resolver “abraçar o mundo” e perder o foco de onde realmente deveria chegar.

De posse destas entradas, pode-se decompor as informações contidas no escopo do projeto em atividades que representem todo o trabalho envolvido no desenvolvimento do produto. Para isto, sugere-se utilizar a estrutura de modelagem funcional apresentada pela técnica IDEF0, em conjunto com as orientações da EDT para a decomposição do trabalho.

A técnica IDEF0 sagrou-se uma poderosa ferramenta de apoio ao processo de definição de atividades, a qual estrutura o processo de definição de tal maneira que a equipe de desenvolvimento adquire as informações necessárias e identifica os elementos relevantes no processo de projeto para realizar este desdobramento. A EDT propõe algumas orientações sobre como desdobrar o escopo do projeto, a partir das informações e dos elementos identificados. Associadas, estas duas ferramentas suportam todo este processo.

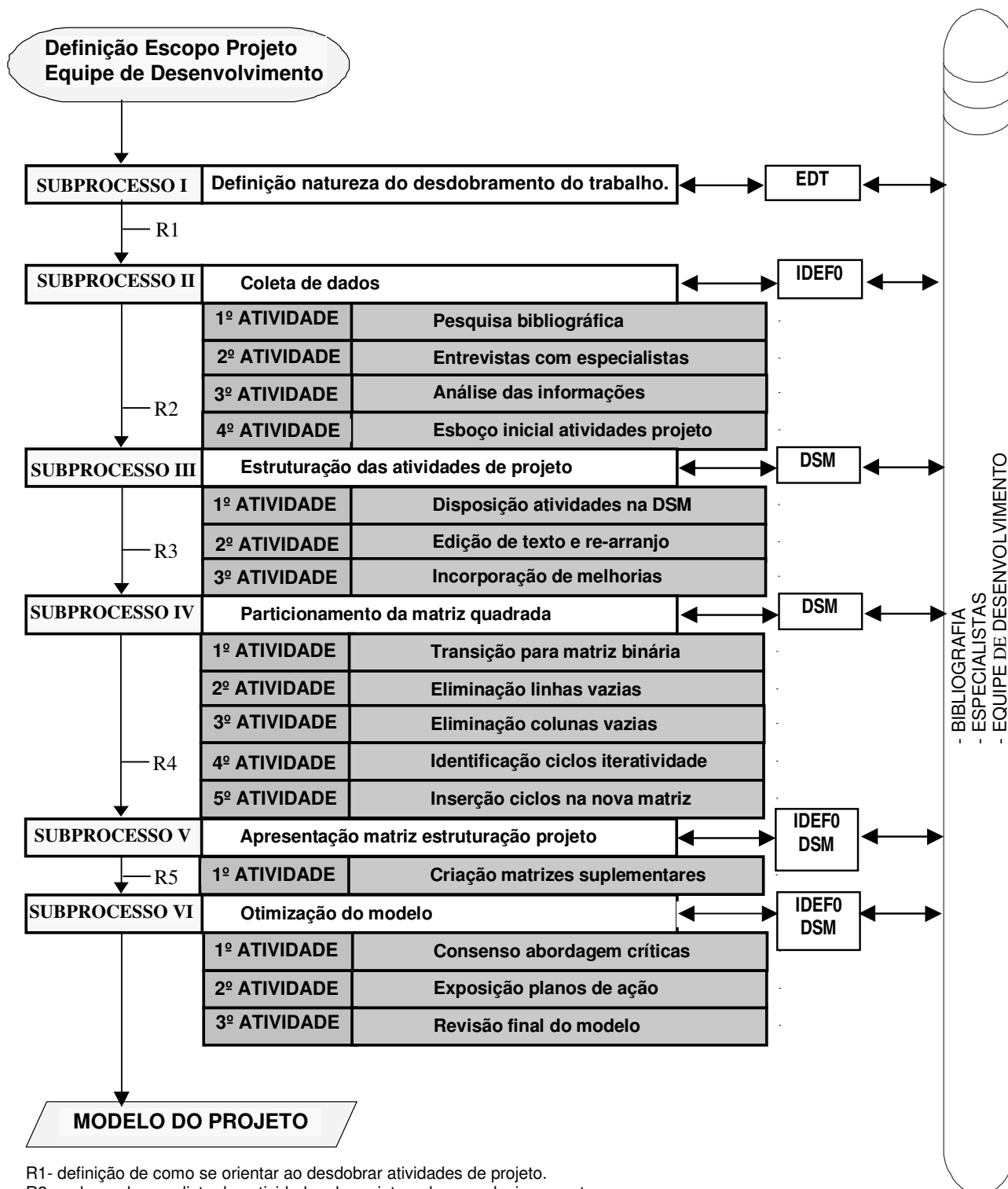
Desdobradas as atividades, estas passam a ser as entradas para o processo de seqüenciamento das atividades de projeto. Propõe-se utilizar uma ferramenta denominada de método da matriz da estrutura de projeto para suportar este processo, sendo que esta ferramenta apresenta meios que facilitam a identificação das dependências entre atividades de projeto e de possíveis iterações que possam vir a ocorrer durante a execução das mesmas.

Uma visão geral da associação de ferramentas idealizada acima, buscando suportar equipes desenvolvimento na transição do escopo de projeto até uma lista de atividades que divida o trabalho inserido no mesmo, é ilustrada através da Figura 5.1.

5.1 METODOLOGIA PARA O PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES DE PROJETO

O presente item tem por objetivo descrever, de forma mais detalhada, como se sugere atender as proposições mencionadas na parte introdutória deste capítulo, sendo que tal descrição encontra-se organizada segundo os subprocessos sugeridos pela técnica integrada para modela-

gem funcional (IDEF0). O conhecimento advindo da estrutura de desdobramento do trabalho (EDT) encontra-se diluído dentro destes subprocessos.



R1- definição de como se orientar ao desdobrar atividades de projeto.

R2 - esboço de uma lista das atividades de projeto e do seu relacionamento.

R3 - Matriz da estrutura de projeto.

R4 - Matriz da estrutura de projeto otimizada.

R5 - Críticas e sugestões sobre o modelo de projeto.

Figura 5.1 - Fluxograma da metodologia proposta.

5.1.1 SUBPROCESSO I - Definição da natureza do desdobramento do trabalho.

Como mencionou-se no início deste capítulo, é difícil para profissionais em começo de carreira, ou que ainda não conhecem o seu segmento de atuação, identificar o que devem fazer para desenvolver os seus produtos, situação esta que se agrava ainda mais quando a cultura de desenvolvimento da empresa não estiver documentada em planos de projeto. Logicamente que, na falta destes conhecimentos o caminho passa a ser orientar-se por algum elemento orientativo no processo de desenvolvimento de produtos.

A análise da técnica de estrutura de desdobramento do trabalho, realizada no item 3.1.2, demonstrou que são empregadas usualmente três formas de se orientar para decompor o trabalho inserido no desenvolvimento de um produto, que são: através da orientação fornecida pelos componentes do produto a ser desenvolvido; por meio da sua estrutura de funções; ou a partir das ferramentas e procedimentos empregados para desenvolvê-lo.

Como se está focando neste trabalho o desenvolvimento, principalmente, de novos produtos e considerando que o profissional não precisa ter domínio sobre o segmento de atuação deste para desenvolvê-lo, acredita-se que as estruturas de decomposição do trabalho orientadas por produto e funcional não seriam as mais adequadas para suportar tal desdobramento. Para decompor o trabalho envolvido em um projeto através dos componentes ou funções do produto ter-se-ia de considerar previamente no processo de projeto estes componentes e funções, o que limitaria a concepção de alternativas de estrutura de funções e a busca por princípios de solução, uma vez que não foram definidas ainda nem as necessidades dos consumidores, nem as especificações do projeto que norteiam a abstração e pesquisa destes elementos.

Considera-se que ambas estas orientações, por produto e funcional, seriam mais indicadas para o re-projeto e otimização de produtos, quando as suas funções e componentes são conhecidas.

Para o desenvolvimento de novos produtos, faz bem mais sentido decompor as atividades de projeto a partir dos resultados das ferramentas e tarefas dos procedimentos empregados no processo de desenvolvimento de produtos e prescritas em metodologias de projeto. Alguns exemplos destas ferramentas poderiam ser o QFD, a síntese funcional, a matriz morfológica e o FMEA. Entende-se que para a equipe aplicar estas ferramentas, ela deve antes dominá-las. Se elas possuem o domínio deste conhecimento, e sabem como associar tais ferramentas no processo de projeto, torna-se tranquilo definir através dos procedimentos destas ferramentas o que fazer durante o projeto.

Em suma, a equipe de desenvolvimento de produtos deve definir ao final desta primeira

atividade qual a orientação será usada para decompor as atividades de projeto. Propõe-se desdobrar atividades de projetos de desenvolvimento de novos produtos através da orientação por fases e re-projetos por meio da orientação do produto e funcional. Caso a equipe decida rever tal proposição deve definir qual orientação tomar de acordo com o escopo do seu projeto. Deve-se ainda salientar que buscou-se na estrutura de desdobramento do trabalho somente as suas orientações de desdobramento e a recomendação de desdobrar atividades até que seja possível gerenciá-las em termos de custo, escopo, tempo e qualidade, sendo desconsiderada a forma de representação das atividades desdobradas da EDT.

5.1.2. SUBPROCESSO II - Coleta de dados

Definida a melhor maneira de se orientar na definição das atividades de projeto, o próximo passo deve ser realizar uma coleta de dados. Entenda-se por coleta de dados realizar, respectivamente, uma pesquisa bibliográfica, entrevistas, uma análise e o esboço das atividades de projeto. No caso deste trabalho, devido à limitação do seu escopo, estas quatro atividades encontram-se direcionadas somente ao desdobramento do trabalho orientado por fases.

Na etapa inicial de pesquisa bibliográfica, a equipe de desenvolvimento deve coletar as informações necessárias sobre as ferramentas empregadas no processo de desenvolvimento de produtos; os marcos de tomada de decisão durante todo o processo; e os principais resultados encontrados em cada marco. A equipe pode optar, nesta etapa, por adotar como padrão um dos modelos apresentados na literatura para o processo de desenvolvimento de produtos ou por identificar o procedimento efetuado no dia-a-dia de desenvolvimento da sua empresa.

Além do conhecimento sobre o processo de desenvolvimento de produtos, a equipe deve pesquisar também informações sobre o estado da arte do produto a ser projetado, de forma que não se perca tempo e recursos desenvolvendo soluções existentes.

De posse do modelo de desenvolvimento e das principais informações sobre o produto a próxima etapa passa a ser complementar este conhecimento mediante entrevistas com especialistas sobre estes processo e produto. Muitas vezes, somente o estudo de material bibliográfico, mesmo que suportado por amostras de produtos existentes similares, não demonstram claramente todo os porquês do modelo e do produto estarem configurados desta ou daquela maneira.

Sanadas as dúvidas, a equipe de desenvolvimento deve transformar as informações coletadas durante a pesquisa bibliográfica, e consolidadas por meio das entrevistas, no modelo do projeto, utilizando para isto a ferramenta IDEF0. Conforme demonstrado no item 3.1.5, na IDEF0 a equipe deve iniciar o desdobramento do trabalho de desenvolvimento pela atividade que

representa o projeto de forma global, desdobrando-a repetidamente até se obter tarefas de projeto que representem os procedimentos das ferramentas empregadas neste. A própria aplicação da IDEF0 representa a atividade de análise do projeto, proposta nesta metodologia, uma vez que este desdobramento da atividade global em tarefas de projeto é realizado mediante a identificação das suas entradas, ferramentas de apoio, controles e saídas, conforme NIST (1993). Poder-se-ia iniciar esta metodologia diretamente da aplicação da IDEF0, desdobrando atividades de projeto através do relacionamento destes elementos identificados, entretanto, considera-se que a orientação de desdobramento agrega mais confiabilidade aos resultados obtidos. Ao empregar a IDEF0 de maneira isolada os critérios para se decompor a atividade global são o bom senso e a intuição, enquanto se desdobra por componentes, funções ou fases de desenvolvimento o faz a partir de procedimentos corroborados.

A quarta atividade deste subprocesso de coleta de dados consiste no esboço de uma lista de atividades de projeto, ordenadas de acordo com o relacionamento das ferramentas empregadas no processo de desenvolvimento. Uma vez que a equipe de desenvolvimento de produtos adquiriu a segurança necessária sobre o processo de desenvolvimento adotado, a área de atuação selecionada e o produto, então ela pode dispor as atividades que configuram o projeto segundo a sua ordem natural de precedência⁸ ou sucessão, sendo que o resultado final deste segundo passo consiste em um esboço inicial das atividades que constituem o projeto e do seu relacionamento.

5.1.3 SUBPROCESSO III: Estruturação e interpretação das atividades de projeto

Neste subprocesso, a equipe de desenvolvimento de produtos, de posse do esboço das atividades de projeto, deve estruturá-las. A IDEF0 entende por estruturar atividades de projeto dispô-las na forma de um diagrama de blocos, indicando as suas entradas, as suas ferramentas de apoio, os seus controles e as suas saídas, segundo NIST (1993). Não se discute que a adoção desta ferramenta, a IDEF0, é fundamental para a definição das atividades de projeto, muito menos que se deva esboçar os seus diagramas durante a sua aplicação, entretanto, no seu término, ao se estruturar as atividades resultantes, propõe-se nesta metodologia migrar diretamente para a DSM.

A forma de representação da IDEF0 associa um mínimo de três, e um máximo de seis, atividades de projeto por vez, resultando em vários níveis de diagramas de decomposição. Além disto, cada atividade de projeto representada associa todos os elementos mencionados anteriormente, as entradas, ferramentas de apoio, controles e saídas destas, tornando os diagramas de

⁸ Entenda-se por ordem natural de precedência, a ordem estabelecida pelas dependências mandatárias do projeto.

decomposição muito extensos, fracionando o modelo de projeto e dificultando o seu entendimento. Por isto, sugere-se a adoção da DSM neste ponto da metodologia, ela se tratar de uma matriz quadrada, a qual permite a representação clara e concisa de inúmeras atividades de projeto ao mesmo tempo. Sem mencionar que a matriz da estrutura de projeto será a ferramenta de suporte empregada em todos os outros subprocessos desta metodologia.

Considerando que o resultado do subprocesso anterior foi um primeiro esboço das atividades que compõem o projeto, bem como do seu relacionamento, a próxima atividade deste subprocesso de estruturação é a hierarquização destas atividades de projeto esboçadas. Hierarquizar significa separá-las segundo o seu nível de complexidade, evitando que atividades de projeto mais ou menos detalhadas sejam relacionadas em conjunto, leia-se misturadas, em uma mesma DSM, conforme representado na Figura 5.2.

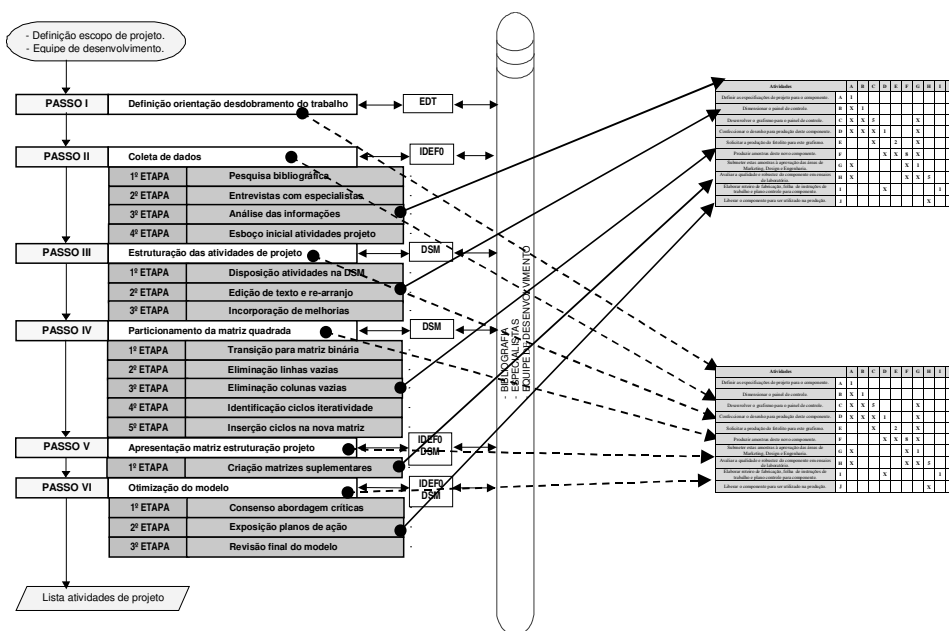


Figura 5.2 – Ilustração da hierarquização das atividades de projeto.

O principal objetivo da Figura 5.2 é evidenciar que as etapas sombreadas em cinza nela, que foram desdobradas dos passos em branco, devem ser alocadas em matrizes distintas destes últimos. Em suma, o que se quer dizer é que ao terminar o esboço das atividades de projeto, deve-se separar as atividades resultantes conforme o seu nível de detalhamento, atividades pais⁹ para um lado, filhas para outro. Solicita-se ao leitor que desconsidere o teor do que está escrito nesta figura, uma vez que os seus fins são somente ilustrativos.

⁹ Atividades pais são aquelas de onde são desdobradas outras atividades mais bem detalhadas, vulgo filhas.

Feito isto, a equipe de desenvolvimento de produtos deve localizar as atividades de projeto de mesmo nível dentro de uma mesma DSM, sendo que devem existir tantas matrizes quanto forem os níveis hierárquicos identificados dentre estas.

No capítulo quatro mencionou-se que quando as atividades de projeto são definidas de forma criteriosa, as atividades resultantes encontram-se naturalmente dispostas próximas a sua ordem de sucessão verdadeira, resta então a equipe identificar através de sinais as dependências entre as atividades de projeto estruturadas na DSM, conforme indicado na Figura 4.6.

Na próxima atividade deste subprocesso a equipe de desenvolvimento de produtos deve interpretar a designação de cada atividade de projeto e verificar as dependências existentes entre elas, buscando clarificar o modelo concebido a partir da edição de textos e re-arranjo de atividades. Quantas são às vezes que ao se analisar o que se escreveu, percebe-se que a escrita não retrata o que se desejava informar. No que diz respeito ao re-arranjo consegue-se otimizar a seqüência das atividades de projeto aferindo-a de acordo com as dependências mandatárias, discricionárias e externas do projeto.

5.1.4 SUBPROCESSO IV - Particionamento da matriz quadrada para reduzir o número de iterações

No final do subprocesso anterior, a matriz da estrutura do projeto proposta já se encontrava seqüenciada, embora o estivesse apenas de acordo com o relacionamento lógico existente entre as atividades de projeto, entenda-se com as suas dependências. Para aprimorar o resultado deste seqüenciamento preliminar, a DSM indica a aplicação do método da matriz de adjacência.

Este método da matriz de adjacência utiliza potências de matrizes para simplificar problemas combinatórios complexos, exatamente como a dependência entre atividades de projeto. Conforme descrito no item 4.5, do capítulo quatro, a matriz de adjacência trata-se de uma matriz quadrada, preenchida de forma binária, que se elevada à potência “n” indica, na sua diagonal, atividades interdependentes. Prossegue-se elevando esta matriz consecutivamente na “n+1” até que a mesma comece a repetir os seus resultados, quando estarão definidos todos os ciclos de interação contidos no projeto.

Para tal, uma primeira atividade deve ser substituir todas as células assinaladas na matriz pelo número um e as células restantes com o número zero, se ainda não o estiverem. De posse desta matriz binária, assinalada com a notação “0” e “1”, a equipe de desenvolvimento de produtos pode então passar para a próxima atividade deste subprocesso, removendo as linhas constituídas somente pelo número zero da matriz original e as re-posicionando em uma nova DSM, vide

primeiro passo da Figura 4.8. Embora esta figura já tenha sido apresentada no capítulo quatro, resolveu-se apresentá-la novamente, neste momento, para fins didáticos.

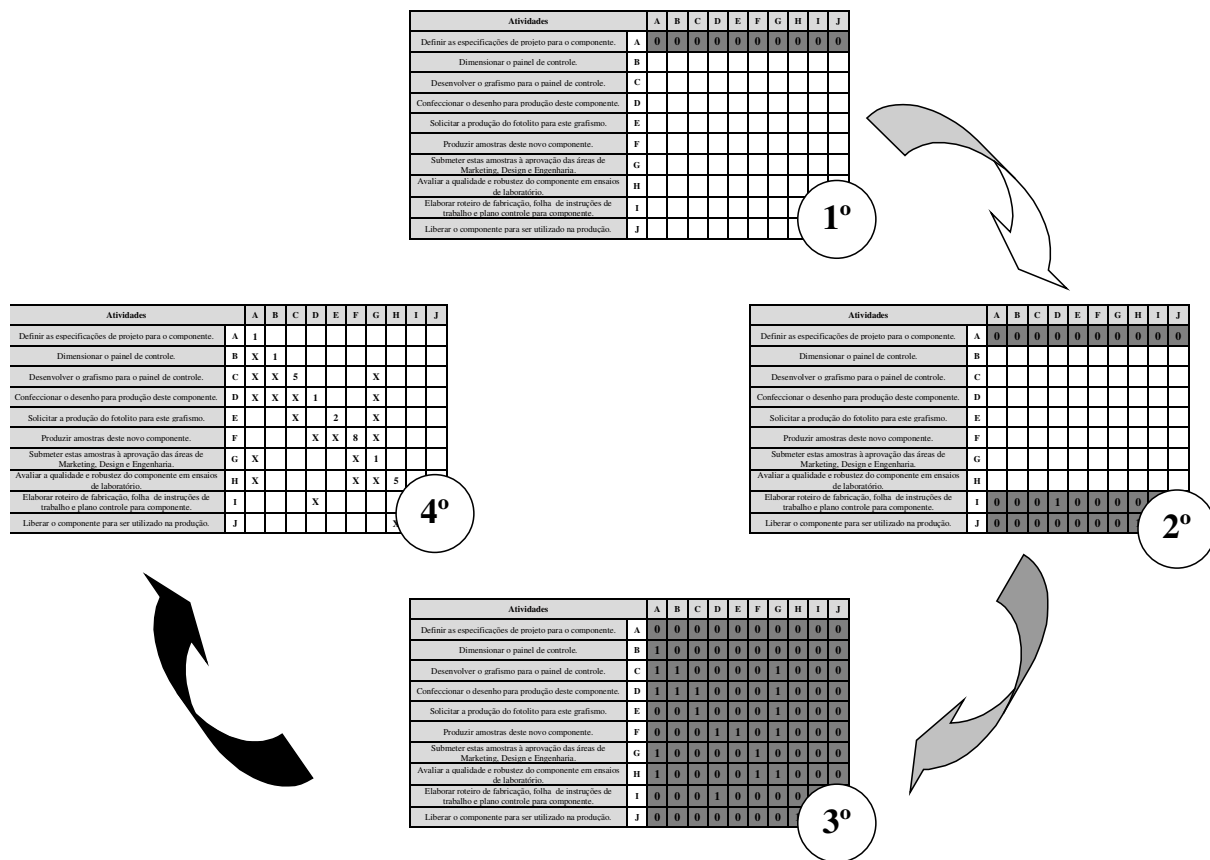


Figura 4.8 – Sequência de particionamento de uma DSM.

Lembrando que as linhas constituídas somente pelo número zero em uma matriz indicam as atividades que não precisam dos resultados de outras atividades para serem executadas.

A terceira atividade deste subprocesso consiste em identificar na matriz binária restante, uma vez que algumas das suas linhas e colunas foram subtraídas, as colunas preenchidas somente com o número zero, que, por sua vez, representam aquelas atividades que não fornecem resultado para nenhuma outra atividade de projeto. Estas atividades também devem ser removidas da matriz original e serem então localizadas na extremidade inferior da nova DSM, conforme o segundo passo da Figura 4.8. Estas atividades de projeto são aquelas que podem ser executadas em qualquer momento do projeto sem acarretar em prejuízo para o mesmo.

As atividades que não foram eliminadas ainda da matriz binária compartilham necessariamente uma relação de interatividade, o que significa que elas dependem diretamente uma das outras para poderem ser encerradas. Resta à equipe identificar algebricamente de quais os ciclos

de interação no projeto que elas fazem parte, elevando para isto a matriz binária restante ao expoente “n”, a partir do seu quadrado.

Conforme mencionado, e representado no item 4.5 do capítulo quatro, a cada vez que se eleva a matriz binária ao quadrado, pode-se observar na sua diagonal todas as atividades de projeto correlacionadas em cada um dos ciclos de interação contidos no projeto. No mesmo item 4.5, observou-se, que quando a matriz binária foi elevada ao quadrado, a mesma indicou um ciclo de interação composto pelas atividades F e G; quando se elevou a matriz ao cubo, esta já mostrou outro ciclo formado pelas letras C, D, E, F e G. Cada vez que se eleva a matriz a uma determinada potência, identifica-se um ciclo diferente, até o momento em que os resultados desta operação algébrica começam a se repetir.

As atividades contidas nos ciclos de interação devem ser localizadas entre as atividades posicionadas nas extremidades superior e inferior da nova DSM, conforme evidenciado no terceiro passo da Figura 4.8.

Definidos os ciclos de interação do projeto, a última tarefa deve ser movimentar as linhas e colunas da matriz de forma que as células assinaladas com o número 1 (um) fiquem abaixo ou o mais próximas possíveis da sua diagonal, minimizando assim o número de iterações¹⁰ no projeto. A saída desta atividade de particionamento consiste no modelo detalhado do processo sob análise, pronto para ser apresentado para uma seleção do público-alvo.

5.1.5 SUBPROCESSO V - Apresentação da matriz de estruturação do projeto

Uma vez que se garantiu algebricamente o seqüenciamento das atividades de projeto, deve-se apresentar o modelo detalhado resultante deste processo para um público-alvo selecionado, de forma que o modelo gerado seja analisado criticamente pelo mesmo. O principal resultado da apresentação da matriz de estruturação do projeto para este público são críticas e sugestões de como melhorar a modelagem do processo determinado. Quanto aos critérios para saber se uma DSM está boa ou não, estes são a própria álgebra utilizada para identificar ciclos de dependência, validada por vários estudos de caso apresentados na página do MIT (2002), a experiência e o bom senso da equipe de desenvolvimento, bem como da platéia de engenheiros e especialistas selecionados para avaliá-la. Naturalmente que durante a execução do plano de projeto consegue-se controlar e corrigir com muito mais precisão o desempenho desta.

¹⁰ Entende-se por estas iterações, todas as vezes que se tem de re-trabalhar uma atividade de projeto em função do resultado de uma outra atividade posterior a ela.

5.1.6 SUBPROCESSO VI - Iteração entre a apresentação, a estruturação e o particionamento da DSM.

A partir do retorno obtido dos usuários do modelo de processo a equipe de desenvolvimento de produtos deve entrar em acordo sobre como proceder quanto a cada uma das críticas efetuadas, pois muitas vezes pessoas que estão observando de fora um dado problema apresentam opiniões ou sugestões que não foram consideradas pela equipe de desenvolvimento devido a sua proximidade com o mesmo.

Uma vez que todas as críticas foram analisadas, sejam elas descartadas ou trabalhadas, deve-se promover um debate com os usuários do modelo que as proferiram para expor a forma com que as suas sugestões foram tratadas.

Otimizado o modelo, promove-se uma revisão final deste e encerra-se o processo de seqüenciamento das atividades de projeto, sendo que a preocupação quanto à programação das atividades de projeto, entenda-se com os seus tempos e recursos, se dará em trabalhos posteriores. Constituindo-se a DSM como uma potencial ferramenta para auxiliar também neste sentido, existindo inclusive trabalhos neste sentido, como por exemplo o dos pesquisadores Carrascosa, Eppinger & Whitney (1998) e o do Browning (1998).

5.2 ITEM DE CONCLUSÃO

Acredita-se que uma das principais contribuições deste trabalho encontra-se no aumento da confiabilidade e robustez no processo de desenvolvimento de produtos. Confiabilidade porque a definição e o seqüenciamento das atividades de projeto deixaram de ser desempenhados de maneira intuitiva, quando se estimava o que fazer de uma forma bastante subjetiva, quase sempre baseada no método da tentativa e erro. Desta época vem o provérbio popular de que “só erra quem faz!”. Robustez, porque de posse desta metodologia, as pessoas não precisam mais seguir cegamente planos de projeto, confeccionados muito antes delas entrarem na empresa, devido a não entenderem a lógica da sua configuração ou não saberem como definir as atividades para os seus projetos.

Considera-se, fazendo uma analogia, que esta metodologia atua como um apoio para aqueles profissionais que **não enxergam** se manterem no prumo na busca da luz do conhecimento. Quanto à metodologia proposta, propriamente dita, a mesma foi validada através de um estudo de caso, a partir do qual o processo de desenvolvimento desta foi retro-alimentado, com críticas e sugestões.

O ponto falho que se enxerga nesta proposta de metodologia é a falta da indicação de ferramentas computacionais que facilitem a aplicação da mesma, sendo que caso a equipe de desenvolvimento opte por representar as atividades de projeto através de diagramas IDEF0, isto demandará, na falta destas, em muitas horas de manipulação de um software muito pouco amigável, como, por exemplo, o Visio 2002 da Microsoft.

CAPÍTULO 6

ESTUDO DE CASO

Durante o desenvolvimento deste trabalho de dissertação houve a oportunidade de aplicar o conhecimento adquirido durante o mestrado em uma empresa multinacional do segmento de eletrodomésticos da linha branca. Entende-se por linha branca equipamentos tais como, condicionadores de ar, lavadoras de prato, lavadoras de roupa, refrigeradores, fogões e fornos microondas.

Esta oportunidade consistia basicamente em implementar os processos de planejamento, de execução e de controle de projetos no desenvolvimento dos produtos da empresa, sendo que os projetos-alvo desta contribuição seriam aqueles que alteram *features*¹¹ do produto, mediante a aplicação de tecnologias dominadas pela organização, em um curto espaço de tempo e com recursos moderados.

A fração da equipe de desenvolvimento que iria atuar nestes projetos e se encontrava configurada até então associava, na sua grande maioria, pessoas novas na organização; novas em idade; e, muitas vezes, novas também no segmento de atuação da empresa. Esta era a caracterização do desafio. Toda esta imaturidade profissional, a falta de uma cultura de desenvolvimento e planejamento de produtos e a multidisciplinaridade técnica dos integrantes da equipe de desenvolvimento se devia, em parte, a uma opção estratégica da diretoria da empresa, a qual visava formar e treinar, segundo os seus preceitos, um centro de tecnologia modelo.

Nesta conjuntura, entenda-se como integrar um centro de tecnologia inovador, formado por equipes multidisciplinares de desenvolvimento, a oportunidade mencionada acima pareceu bastante produtiva para os resultados deste trabalho, principal motivo pelo qual foi aceita. Em função desta opção, o corpo da metodologia apresentada no capítulo cinco deste trabalho, o qual já se encontrava preliminarmente idealizado, foi aprimorado durante o desenvolvimento de todos os projetos deste novo centro em que se participou.

Embora se considere muito mais conveniente, para a validação desta metodologia, apresentar neste capítulo o planejamento das atividades de um destes projetos desenvolvidos, de desenvolvimento de novos produtos, isto não será possível devido ao sigilo exigido pela

¹¹ Neste caso, conceitos que agregam valor ao produto.

empresa. Por isto, será apresentado doravante o exemplo de um projeto de melhoria de um dos seus produtos existentes, denominado fogão, o qual embora não represente a prática de planejamento dos novos produtos da empresa, também foi modelado de acordo com a referida metodologia. Pode-se observar na Figura 6.1 a ilustração de um destes produtos domiciliares para cocção.



Figura 6.1 – Exemplo de um fogão.

Para facilitar a vinculação, por parte do leitor, do relato deste estudo de caso a metodologia de planejamento das atividades de projeto, será utilizada para realizar a sua apresentação à mesma estrutura desta.

6.1 ENTRADAS PARA O PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES DE PROJETO

Conforme mencionado ao longo deste trabalho, e também no capítulo cinco, são duas as entradas principais para se planejar as atividades de um projeto. A definição do seu escopo e a configuração da sua equipe de desenvolvimento.

Quanto ao escopo deste projeto de melhoria, o seu objetivo principal residia em reduzir a insatisfação dos consumidores de um dos produtos da empresa, quanto ao excesso de ruído proveniente da sua utilização. Desejava-se reduzir o nível destes ruídos para um valor aceitável pelo consumidor e, de preferência, abaixo do nível de ruídos emitido pelos produtos da concorrência. Como este produto já se encontrava em linha, o prazo para a conclusão do reprojeto era diminuto e, em função da gravidade do problema abordado, os recursos disponíveis consideráveis.

No que diz respeito à equipe de desenvolvimento, uma vez identificado o problema de projeto, foi designado, pela empresa, um líder técnico para resolvê-lo, neste caso, o presente

mestrando. Este líder possuía o papel, neste projeto, de configurar, conduzir e motivar esta equipe de desenvolvimento durante a investigação de melhores soluções tecnológicas para os componentes do produto identificados como causadores de tal ruído.

A configuração da equipe de projeto foi realizada da seguinte maneira: identificou-se um núcleo técnico que iria trabalhar tempo integral no desenvolvimento deste re-projeto, no caso, um engenheiro especialista em gerenciamento de projetos, dois engenheiros de produto e um projetista, e então se principiou o planejamento do mesmo. Conforme foram sendo executados os processos de planejamento, foi-se identificando as especialidades multifuncionais requeridas pelo escopo do projeto, vinculando-as a nomes de recursos disponíveis na organização para atuarem como consultores durante a execução do re-projeto. Fez-se necessário planejar previamente o projeto, mesmo que de forma preliminar, para completar a configuração da equipe de desenvolvimento do mesmo.

Ao se planejar, mesmo que preliminarmente, o projeto se adentrou no primeiro subprocesso da metodologia.

6.2 SUBPROCESSO I – DEFINIÇÃO DA NATUREZA DO DESDOBRAMENTO DO TRABALHO.

A primeira atividade executada pela equipe de desenvolvimento no planejamento deste re-projeto foi definir qual a natureza da decomposição do trabalho envolvido neste, quer dizer, qual a orientação que deveria ser adotada para decompor as atividades deste. Todos os projetos de desenvolvimento de novos produtos executados por este mestrando até este re-projeto haviam sido desdobrados a partir da orientação proveniente das fases do processo de desenvolvimento de produtos, e das ferramentas empregadas na sua execução, sem exceções. Entretanto, como se trata de um re-projeto, para a melhoria de um produto, houve dúvidas se esta seria a melhor orientação a se tomar.

A saída encontrada em conjunto pela equipe de desenvolvimento foi realizar um *brainstorming* para resolver este impasse, no qual se decidiu por manter o tipo de orientação adotada até então. Tal decisão justifica-se pela experiência que a equipe já possuía sobre o processo de re-projeto e as suas ferramentas, a qual era incomensuravelmente maior do que o conhecimento sobre o produto e o seu funcionamento. Preferiu-se trabalhar com funções e componentes do produto no momento do re-projeto que a equipe considerava mais adequado para isto, na sua execução.

Em suma, o resultado deste primeiro subprocesso foi a definição de seguir uma meto-

dologia de re-projeto para planejá-lo, não sendo objetivo utilizar outros pontos da estrutura de desdobramento do trabalho na aplicação desta metodologia. Conforme salientado no capítulo cinco, é a partir da adoção desta orientação que se evita de planejar atividades de projeto apenas de maneira intuitiva. Definida a orientação de desdobramento do trabalho, a equipe evoluiu para o subprocesso de coleta dos dados.

6.3 SUBPROCESSO II – COLETA DE DADOS.

Nesta atividade, foram pesquisadas e analisadas as principais metodologias e ferramentas empregadas em re-projetos, bem como documentos de projeto referentes ao funcionamento e configuração do produto a ser melhorado. As atividades de pesquisa bibliográfica e entrevistas com especialistas não precisaram ser extensivamente trabalhadas devido à estrutura de funções de um produto ser invariavelmente a mesma, ainda mais nos tipos de projeto que a equipe de desenvolvimento atua, nos quais se modifica apenas *features*.

Como se possuía em mãos documentos de projeto que retratavam a estrutura de funções de um produto; os componentes gerados para atender estas funções; e FMEAs que estabeleciam controles de projeto para estes componentes, precisou-se analisar somente metodologias para o planejamento de testes e para o re-projeto, dentre as quais escolheu-se trabalhar com a metodologia de re-projeto proposta pelos pesquisadores Back & Forcellini (2000) e a metodologia do DoE¹² que prescreve como planejar e executar testes de laboratório. O material analisado sobre a metodologia de DoE foi aquele cedido pela empresa ao se realizar o curso da ferramenta de qualidade Seis Sigma (6σ).

A última atividade da equipe de desenvolvimento neste subprocesso foi listar, a partir da metodologia de re-projeto e do DoE, tudo o que ela acreditava que se precisava fazer para otimizar o produto. Para isto, ela iniciou esboçando o diagrama de contexto do projeto, conforme representado na Figura 6.2. Vale lembrar que, embora se aconselhe a esboçar os diagramas da IDEF0, os mesmos encontram-se representados neste capítulo somente para elucidar como se procedeu neste subprocesso, não sendo usual documentá-los na aplicação desta metodologia.

¹² *Design of Experiments.*

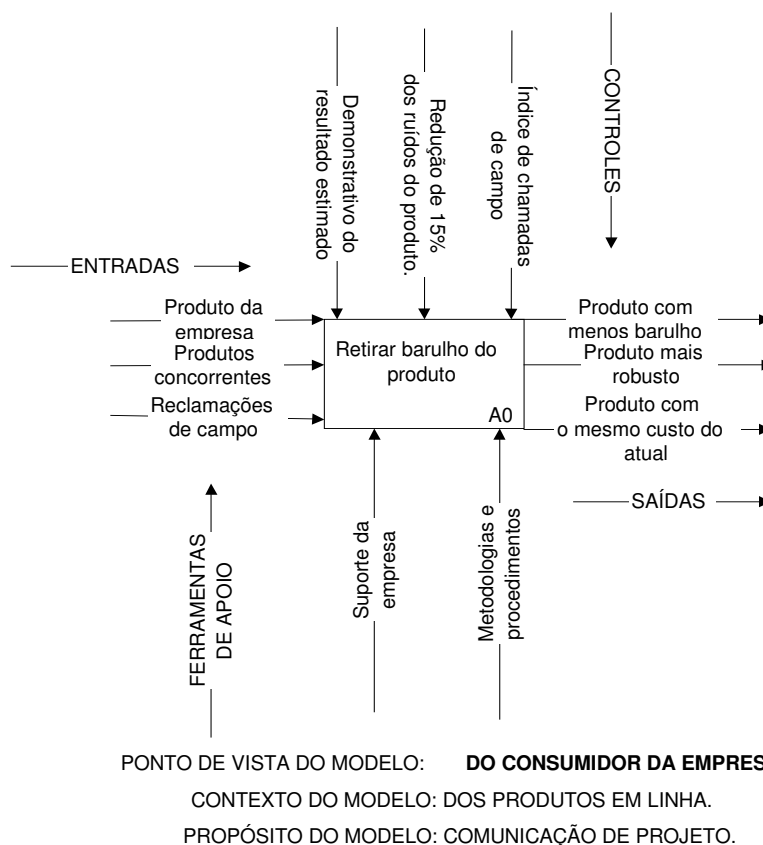
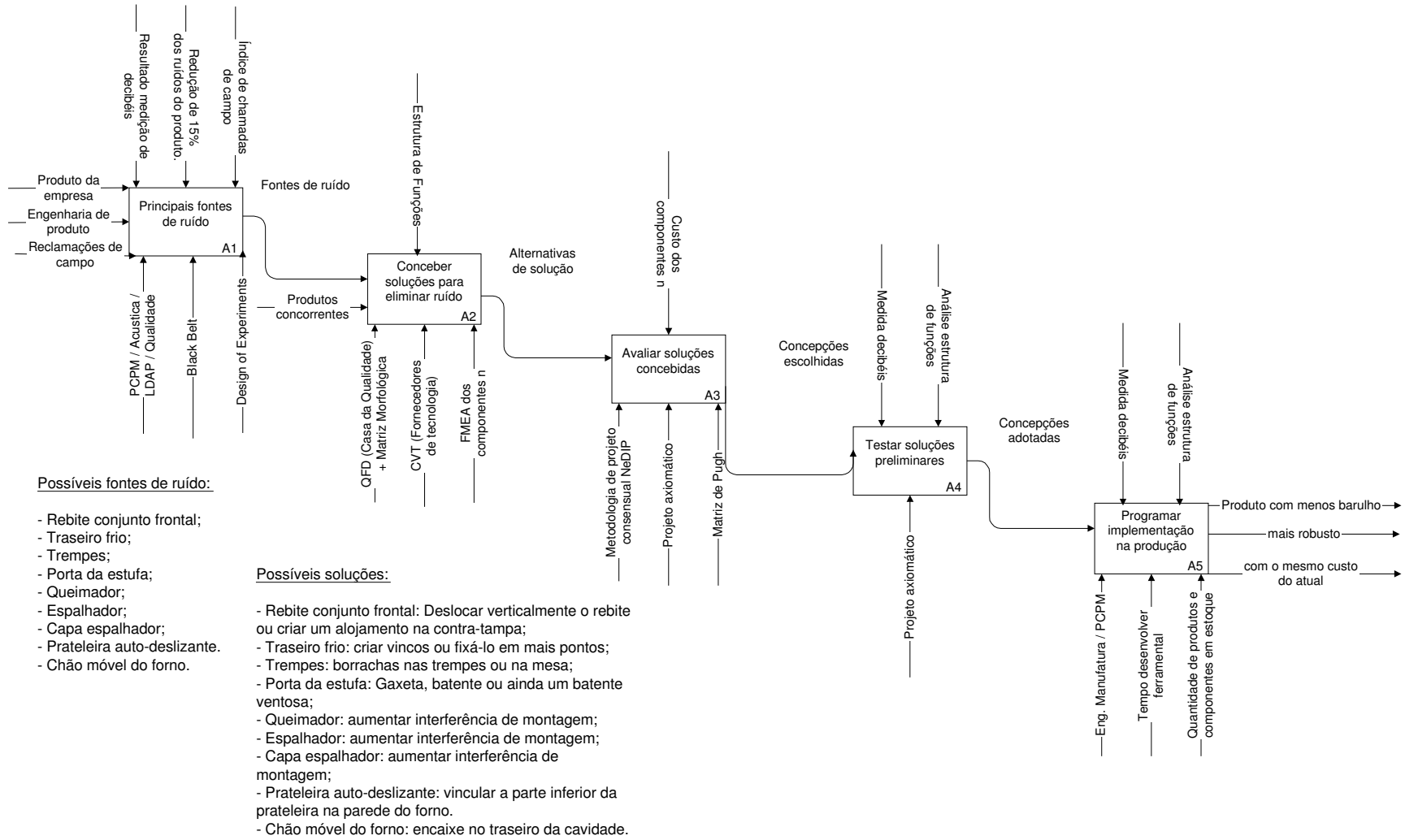


Figura 6.2 - Diagrama de contexto do re-projeto objeto do estudo de caso.

Pode-se observar no diagrama da Figura 6.2 que todos os elementos de contorno do processo de projeto, ou seja, as suas entradas, saídas, controles e recursos foram identificados. No caso do processo de re-projeto modelado, em especial, estes elementos eram, respectivamente: uma amostra do produto da empresa e amostras de produtos da concorrência (entradas); as necessidades do consumidor, neste caso, um produto com menos barulho, mais robusto e com o mesmo preço que o atual (saídas); demonstrativos do custo do produto e normas técnicas relativas ao nível de ruído permissível para do uso do produto (controles); e a infraestrutura e o conhecimento da empresa, bem como as diversas ferramentas disponíveis para auxiliar na execução das atividades compreendidas neste re-projeto (recursos).

Como o diagrama de contexto não permite ainda identificar pontualmente o que se fazer, a equipe de re-projeto procurou desdobrar a atividade global do re-projeto no diagrama de decomposição representado na Figura 6.3. Para isto, a mesma procurou estabelecer, logicamente, alguns passos para se evoluir das entradas destes processos até as suas saídas.

Figura 6.3 – Diagrama de decomposição de nível mais alto no projeto.



Conforme representado no diagrama de decomposição da Figura 6.3, pode-se observar que a primeira atividade que a equipe de desenvolvimento considerou necessária foi definir as principais fontes de ruído do produto. Esta considerou crucial para o sucesso do re-projeto identificar quais os componentes do produto que mais contribuíam, isoladamente, para o nível de ruído deste, antes de começar a tentar reduzi-lo.

Contava-se, para isto, com o auxílio das áreas de programação da fabricação, PCPM, para disponibilizar amostras do produto; do laboratório de avaliação de produtos, LDAP, como infra-estrutura para os testes a serem realizados; do conhecimento de um engenheiro de produto treinado no método seis sigma; e da metodologia DoE. A forma encontrada para garantir que as fontes de ruído identificadas fossem as principais responsáveis pelo excesso de barulho no produto foi medir separadamente cada um dos seus componentes móveis e distribuir estatisticamente o quanto o resultado de cada um destes representa no todo do produto.

Entretanto, quando a equipe de desenvolvimento procurou mensurar a atividade definida nos termos dos objetivos de desempenho do re-projeto, leia-se custo, escopo, tempo e qualidade, percebeu que a mesma encontrava-se ainda bastante nebulosa¹³. Não se sabia ao certo como avaliar cada componente do produto e, muito menos, o tempo que se levaria, ou os recursos necessários, para identificar as principais fontes de ruído. Por isto, a equipe sentiu necessidade de detalhar mais esta atividade, desdobrando-as nas atividades representadas no diagrama de decomposição filho da Figura 6.4.

De acordo com este diagrama, para se identificar as principais fontes de ruído em um produto, precisa-se: requisitar uma amostra do produto a ser avaliado; planejar os testes de avaliação deste produto; aplicar o plano de testes desenvolvido; analisar os resultados dos ensaios; e definir os componentes-chave a serem trabalhados posteriormente. Pode-se perceber, que é possível estimar o escopo envolvido, o tempo necessário, o custo e a qualidade requeridos para cada uma destas atividades, sendo que, desta maneira, estas atividades de re-projeto não precisam ser novamente desdobradas.

A próxima atividade representada na Figura 6.3, na seqüência da definição das principais fontes de ruído no produto, consiste em conceber soluções que suprimam estas fontes de ruído. Conta-se, para isto, com várias ferramentas de apoio, tais como a casa da qualidade do QFD; o método da síntese funcional; a matriz morfológica; e o método de análise de falhas (FMEA). No que diz respeito a recursos pode-se contar com o suporte da área de suprimentos da empresa para buscar fornecedores de novas tecnologias, CVT¹⁴.

¹³ Subjetiva.

¹⁴ Components Value Team.

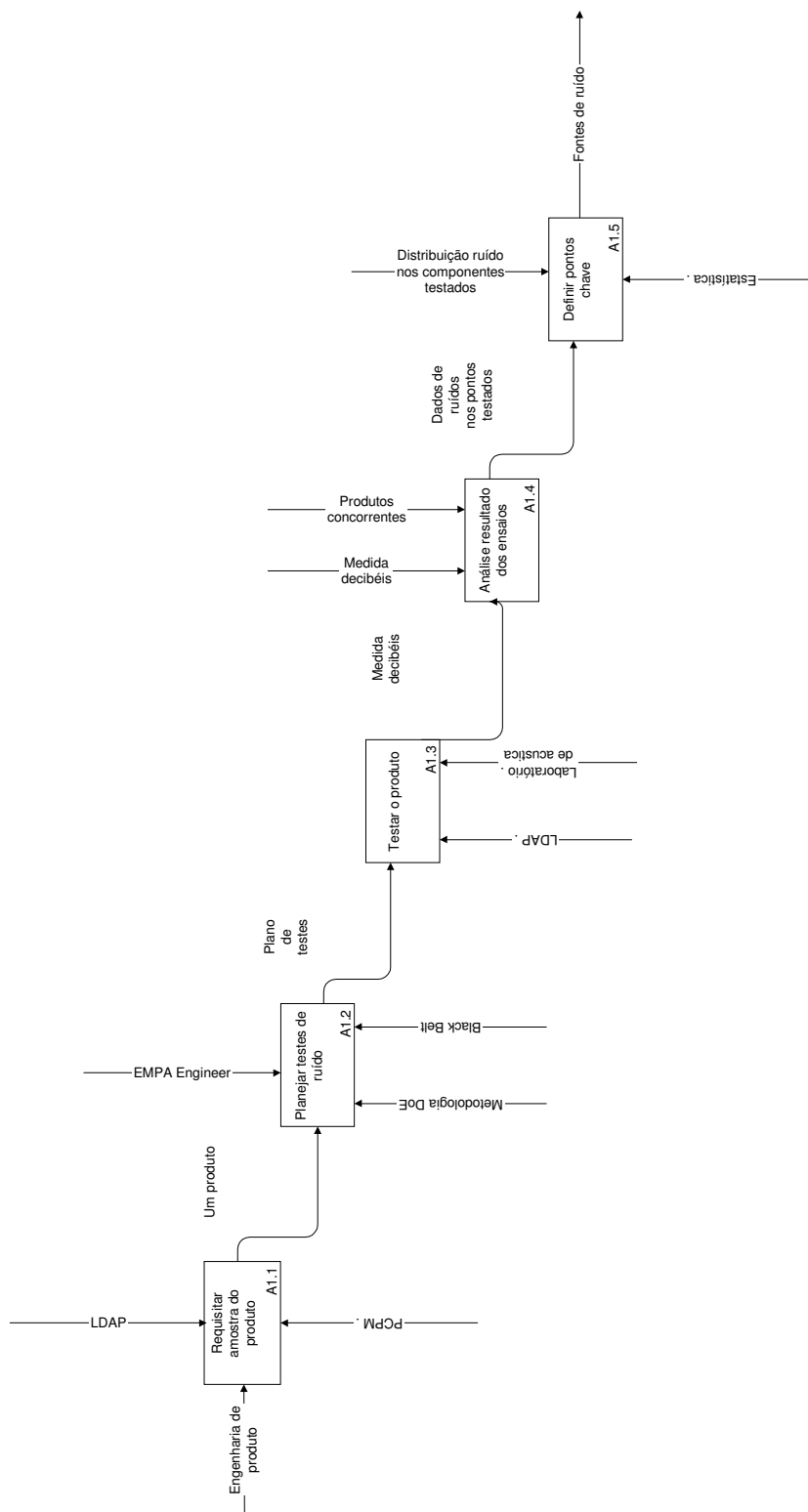


Figura 6.4 – Diagrama de decomposição da primeira atividade de projeto.

A idéia intrínseca nesta atividade de pesquisa e geração de concepções consiste em identificar a estrutura de funções do produto a partir dos seus componentes; definir os requisitos de projeto vinculados a esta estrutura de funções; conceber várias alternativas de princí-

pios de solução para cada uma das funções do produto identificadas; e filtrar estas alternativas de princípio de solução para um número exequível de ser trabalhado, de acordo com os controles de projeto. As atividades que compõem a atividade de concepção de soluções encontram-se representadas na Figura 6.5.

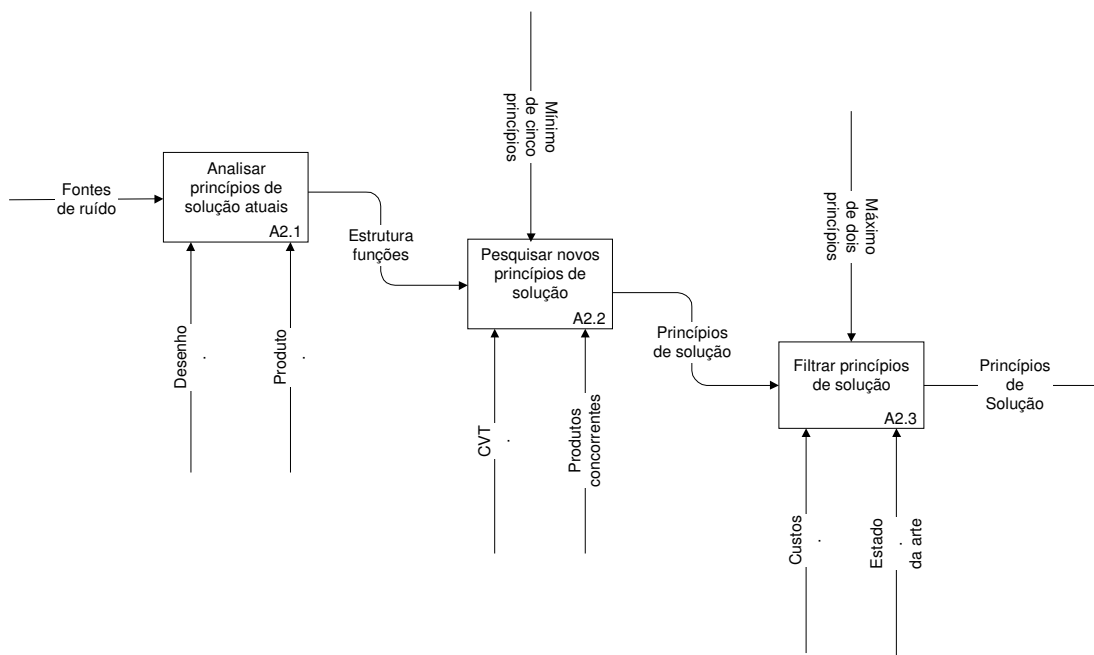


Figura 6.5 – Diagrama de decomposição da segunda atividade de projeto.

A forma encontrada pela equipe de desenvolvimento para controlar os resultados desta segunda atividade de re-projeto foi confrontar os princípios de solução resultantes desta atividade com a estrutura de funções do produto e com as normas que regem a sua aplicação. Por exemplo, todo componente que for utilizado em uma área quente do fogão deve respeitar normas de segurança.

A terceira atividade de re-projeto desdobrada consistia em avaliar as soluções concebidas. A idéia era avaliar os princípios gerados somente quanto à disponibilidade de tecnologia para produzi-los. Não é objetivo, neste momento, descartar alternativas de solução devido a outros critérios, como, por exemplo, econômicos. Planejou-se executar esta atividade mediante o emprego de uma matriz de avaliação proveniente da metodologia de projeto consensual desenvolvida no núcleo de desenvolvimento integrado de produtos da Universidade Federal de Santa Catarina.

Ciente das concepções viáveis de componentes, a equipe de re-projeto deve testar protótipos dos mesmos para mensurar o valor de decibéis emitidos, bem como analisar se eles atendem as funções especificadas na estrutura do produto.

A partir dos dados provenientes destes testes, pode-se elaborar várias configurações de produto a partir dos novos componentes. A idéia da equipe foi gerar diferentes alternativas apresentadas para a diretoria da empresa, primando ora pelo mínimo custo, ora pela maior redução de ruídos; e assim por diante.

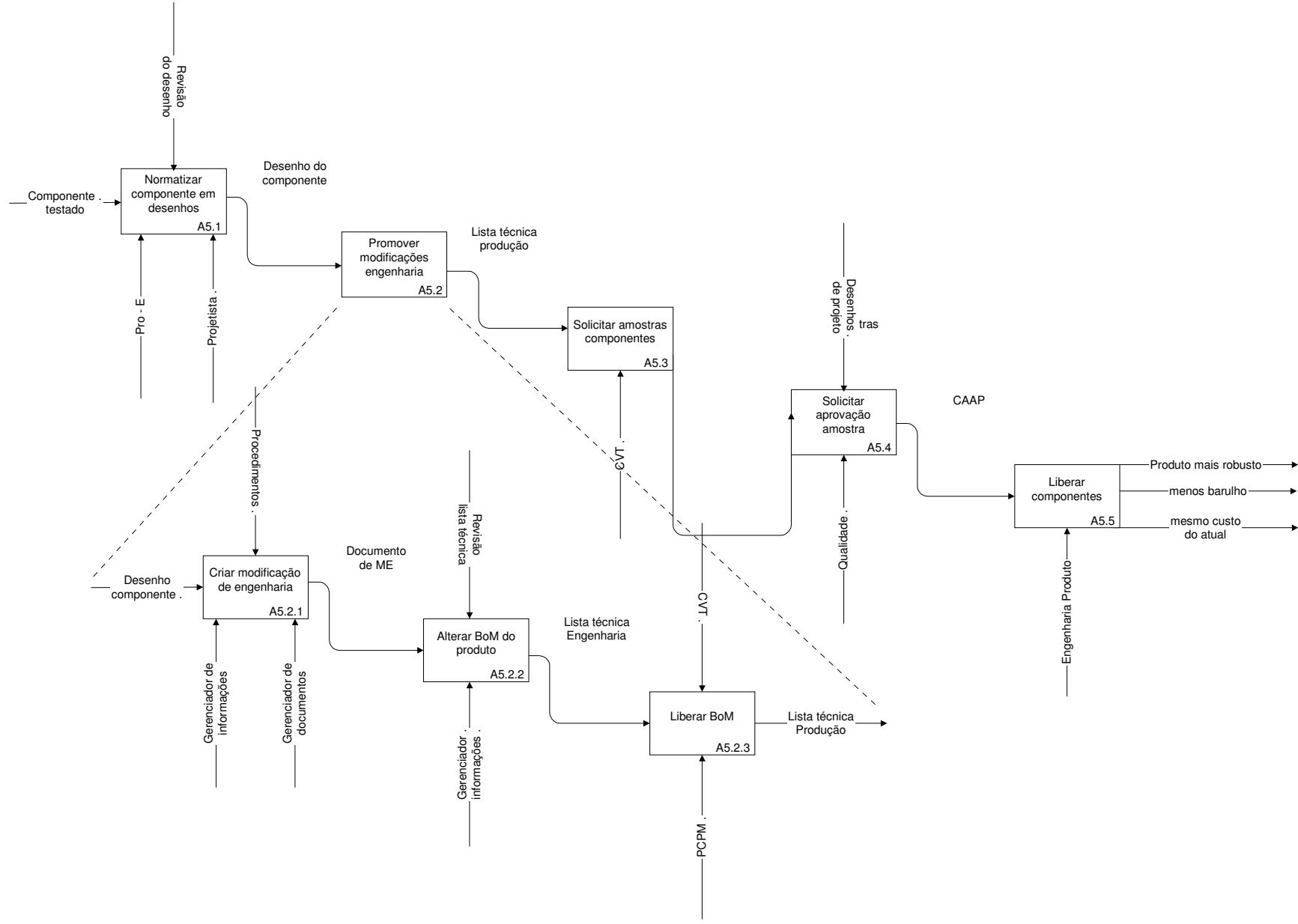
Uma vez decidida pela diretoria qual alternativa a se seguir, a última atividade planejada para este re-projeto trata-se da implementação dos novos componentes do fogão na linha de produção. Como a equipe de projeto percebeu ao definir esta atividade que esta se encontrava ainda muito subjetiva para se saber o que fazer, a mesma foi novamente desdobrada nas atividades de re-projeto representadas na Figura 6.6.

Segundo o diagrama resultante deste desdobramento, implementar um componente na linha de produção deste produto corresponde a normatizar os componentes modificados no produto através de desenhos técnicos; promover estas modificações em nível de engenharia; solicitar amostras ferramentadas dos novos componentes; solicitar aprovação da qualidade destas amostras; e liberar estes novos componentes para serem utilizados. Mas o que significa promover modificações em nível de engenharia?

Trata-se da formalização desta modificação dos componentes na empresa através da criação deste processo nos seus gerenciadores de documentos e informação; da alteração da lista de material utilizado nos produtos; e da liberação desta lista para uso da produção, conforme se sentiu necessidade de desdobrar no mesmo diagrama da Figura 6.6.

Executada esta última atividade, estará concluída a execução do re-projeto. Faz-se necessário mencionar que o texto acima se encontra redigido no passado devido ao presente estudo de caso ter sido encerrado na empresa. No entanto, os procedimentos descritos acima foram seguidos para modelar o que se deveria fazer durante o projeto.

Figura 6.6 – Diagrama de decomposição da última atividade de projeto.



6.4 – SUBPROCESSO III – ESTRUTURAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DAS ATIVIDADES DE RE-PROJETO.

De posse do esboço inicial das atividades de re-projeto, a equipe evoluiu para o terceiro subprocesso da metodologia proposta, a estruturação e interpretação destas atividades. A primeira missão da equipe neste subprocesso foi hierarquizar as atividades de re-projeto esboçadas, o que se tornou relativamente simples, uma vez que, como a equipe de desenvolvimento utilizou a IDEF0 para defini-las, as atividades do primeiro diagrama de decomposição, abstraídas diretamente do diagrama de contexto, representam as atividades de nível mais alto no re-projeto; o conjunto de atividades contidas nos diagramas filhos do diagrama de nível mais alto, por sua vez, representam o próximo conjunto hierárquico de atividades; e assim, consecutivamente, até culminar no nível de tarefas de projeto.

Agrupadas as atividades do processo de re-projeto, a equipe de desenvolvimento estruturou cada conjunto delas em matrizes binárias distintas, sinalizando o relacionamento dentre as atividades de um mesmo conjunto conforme proposto na Figura 4.6, do capítulo quatro. Para materializar este relacionamento, a equipe considerou lógico utilizar a precedência inerente do desdobramento das atividades de re-projeto.

Segundo a metodologia, estruturadas as matrizes, as atividades devem ser interpretadas e a sua disposição re-arranjada, editando textos e movimentando linhas e colunas para isto. Uma vez que a forma que se designa uma atividade inicialmente geralmente é modificada, elas nem sempre comunicam o que se deseja informar, a equipe de desenvolvimento reviu muitas das designações representadas nos diagramas das Figuras 6.3, 6.4, 6.5 e 6.6, as quais foram editadas textualmente. Quanto ao seqüenciamento destas atividades, a mesma equipe optou por não re-arranjar estas atividades na matriz. Ela entendeu que a disposição proveniente da IDEF0 se encontrava muito próxima da realidade. O resultado deste subprocesso pode ser visto na Figura 6.7.

Atividade de Projeto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Disponibilizar uma amostra de produto	1	4																	
Planejar testes de ruído para este produto	2	X	15																
Testar amostra do produto	3	X	X	5															
Analisar os resultados do ensaio	4			X	5														
Definir os pontos ensaiados a serem trabalhados	5			X	2														
Analisar os princípios de solução existentes nestes pontos (mín. de 5)	6			X	X	2													
Pesquisar princípios de solução alternativos	7				X	X	5												
Filtrar princípios de solução (de 5 para 2 exemplos máx.)	8						X	2											
Avaliar os 2 princípios de solução resultantes segundo critérios financeiros	9							X	1										
Avaliar os princípios que passaram pelo crivo anterior segundo critérios tecnológicos	10								X	1									
Avaliar os princípios que passaram pelo crivo anterior a partir dos PS da concorrência	11									X	1								
Normalizar princípios de solução através de desenhos	12										X	10							
Iniciar o protocolo de modificação de engenharia no gerenciador de documentos	13										X	1							
Alterar estrutura da lista técnica do produto sendo re-projetado	14											X	X	1					
Liberar estrutura da lista técnica do produto para produção	15												X	1					
Solicitar amostra dos componentes desenvolvidos	16											X	X				1		
Solicitar certificado de aprovação destas amostras de produto	17																X	15	
Liberar componentes	18																	X	1

Figura 6.7 – Matriz da estrutura de projeto antes do seu particionamento.

Pode-se observar na Figura 6.7 que a equipe de desenvolvimento deste re-projeto optou por estruturar todas as tarefas de projeto em uma única DSM para representá-lo.

6.5 SUBPROCESSO IV – PARTICIONAMENTO DA MATRIZ QUADRADA PARA REDUZIR O NÚMERO DE ITERAÇÕES.

Estruturadas e interpretadas as atividades de re-projeto, a equipe iniciou o particionamento da DSM, substituindo as marcas assinaladas nas suas células pelo número 1 (um) e preenchendo as suas células vazias com o número 0 (zero).

Posteriormente, a equipe localizou aquelas atividades que não necessitam do resultado de nenhuma outra no re-projeto, representadas na matriz pelas linhas preenchidas somente com o número 0 (zero), e removeu-as da DSM original, as re-posicionando na extremidade superior de uma nova DSM.

Feito isto, localizou-se as atividades do re-projeto que não fornecem resultados para nenhuma outra, através das colunas vazias na matriz, e removeu-as da matriz original, re-posicionando-as na extremidade inferior da nova DSM.

Por fim, a equipe de desenvolvimento identificou os ciclos de interação do projeto através do método da matriz de adjacência, conforme apresentado no item 4.5 do capítulo quatro, e alocou estes novos ciclos entre as extremidades superior e inferior da nova DSM, sendo que o resultado deste subprocesso encontra-se representado na Figura 6.8.

Atividade de Projeto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	16	12	17	14	15	18	
Disponibilizar uma amostra de produto	4																			
Planejar testes de ruído para este produto	X	15																		
Testar amostra do produto	X	X	5																	
Analisar os resultados do ensaio			X	5																
Definir os pontos ensaiados a serem trabalhados				X	2															
Analisar os princípios de solução existentes nestes pontos (mín. de 5)				X	X	2														
Pesquisar princípios de solução alternativos					X	X	5													
Filtrar princípios de solução (de 5 para 2 exemplos máx.)								X	2											
Avaliar os 2 princípios de solução resultantes segundo critérios financeiros									X	1										
Avaliar os princípios que passaram pelo crivo anterior segundo critérios tecnológicos									X	1										
Avaliar os princípios que passaram pelo crivo anterior a partir dos PS da concorrência										X	1									
Iniciar o protocolo de modificação de engenharia no gerenciador de documentos											X	1								
Solicitar amostra dos componentes desenvolvidos												X	1	X						
Normalizar princípios de solução através de desenhos											X			10						
Solicitar certificado de aprovação destas amostras de produto												X			15					
Alterar estrutura da lista técnica do produto sendo re-projetado													X	X		1				
Liberar estrutura da lista técnica do produto para produção																	X	1		
Liberar componentes																			X	1

Figura 6.8 – Matriz da estrutura de projeto particionada.

6.6. SUBPROCESSOS V E VI – APRESENTAÇÃO DA DSM E ITERAÇÃO ENTRE OS SUBPROCESSOS III, IV E V.

Como pregam os dois últimos subprocessos da metodologia, a DSM resultante foi apre-

sentada para um público selecionado, no caso o gerente da área, o qual aprovou o plano de projeto gerado mediante algumas sugestões de melhoria, tais como, a supressão de algumas atividades de avaliação dos princípios de solução gerados. Tais sugestões foram incorporadas e o modelo do processo re-apresentado, sendo este então aprovado na sua forma final.

6.7 ITEM DE CONCLUSÃO

Após o término deste estudo de caso, chegou-se à conclusão de que a presente metodologia encontra-se estruturada de forma lógica e coerente e o seu conteúdo muito bem embasado. A grande maioria dos integrantes da equipe deste processo de re-projeto não conhecia IDEF0 ou DSM, e, no entanto, ao término deste modelo, sob a orientação do presente mestrando, elas conseguiram assimilar a metodologia.

A natureza de desdobramento do trabalho da EDT faz-se imprescindível para a transição do escopo em atividades de projeto; a estrutura de modelagem da IDEF0, bem como o seu raciocínio de manter o fluxo das entradas para as saídas do processo de projeto ao se desdobrar as suas atividades dão corpo para a metodologia; e a DSM fecha com chave de ouro, aferindo a disposição das atividades no projeto que já vem definida preliminarmente da IDEF0.

Existem muitos outros processos de planejamento que precisam ser trabalhados para serem incorporados a esta metodologia, como por exemplo, de definição do escopo, configuração de equipes e programação do projeto, entretanto, o único porém que se percebeu quanto à efetividade desta metodologia ao suportar a definição e o seqüenciamento das atividades de projeto foi a representação dos resultados destes processos. Ao se representar através dos diagramas da IDEF0 fraciona-se o modelo de projeto em vários e extensos diagramas. Ao utilizar a DSM consegue-se representar de forma clara e concisa as atividades de projeto, contudo, perde-se informações, tais como, das folgas de projeto, dos recursos, dos responsáveis, dentre outros. Mesmo para estes processos precisa-se trabalhar uma forma melhor de representar os seus resultados.

Enfim, quanto à metodologia como um todo, utiliza-se das palavras do especialista em gerenciamento de projetos da equipe, Marcelo Andreas Meyer, para encerrar o presente capítulo: “a utilização da ferramenta mostrou uma nova maneira de seqüenciar atividades de projeto, que não a habitual intuição. Esta ferramenta pode ser muito útil para aqueles que não conhecem o planejamento de projetos, ou não tem familiaridade com as atividades requeridas em um determinado trabalho, para se ter uma avaliação correta dos passos a serem seguidos em um determinado projeto, permitindo que os mesmos sejam executados no menor tempo e da melhor forma possível”.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

Ao propor o desenvolvimento da presente pesquisa, na parte introdutória deste trabalho, explorou-se a necessidade das empresas brasileiras, e mundiais, de adotarem formas sistemáticas para conceber os seus produtos, fazendo-o em cada vez menos tempo, com mais qualidade e baixo custo. Segundo os seus autores, as empresas que almejam que os seus projetos sejam bem sucedidos, devem planejar a execução dos mesmos e executar os seus planos de projeto.

Afirmou-se ainda que os processos de planejamento não se encontram devidamente suportados, uma vez que durante a revisão destes processos identificou-se uma lacuna, em especial, a ser explorada, assim descrita: “existem muitas ferramentas de suporte para o processo de planejamento de projetos que auxiliam a organizar e representar um projeto, entretanto não foram encontradas ferramentas ou recomendações que auxiliassem a uma equipe de desenvolvimento de produtos na definição das atividades que devem ser realizadas durante a execução dos seus projetos, bem como também não foram encontrados parâmetros para avaliar qual a melhor forma de seqüenciar a atividades definidas”.

Diferente do que se havia concluído, existem sim recomendações e ferramentas que auxiliam nestes processos. O que acontece é que existem tantas outras que são anunciadas comercialmente para tal fim e não contribuem em nada neste sentido, que estas, muito mais efetivas, passam despercebidas neste meio.

Ferramentas como a técnica IDEF0 que fornece uma estrutura de modelagem para auxiliar na definição das atividades de projeto; o *brainstorming* que se trata de um meio ordenado de conduzir reuniões em que se pretenda promover a criatividade, e quem sabe, no caso de projetos simples, até mesmo desdobrar estas atividades; a estrutura de desdobramento do trabalho que fornece recomendações significativas de como se orientar ao dividir o trabalho inserido em um projeto; e a DSM que se mostrou uma ferramenta de apoio efetiva no que diz respeito à análise e seqüenciamento das atividades definidas.

Após um extenuante período de análise crítica destas ferramentas, conseguiu-se inclusive perceber que se associados os seus pontos fortes, as mesmas apoiariam integralmente os processos de planejamento das atividades de projeto.

Assim, foram associados os princípios de orientação da decomposição do trabalho, provenientes da EDT, com a estrutura de modelagem funcional, da técnica IDEF0, para facilitar a definição das atividades de projeto e empregados os procedimentos da DSM para ordenar a lista de atividades esboçadas, ora acrescentando alguns passos, ora suprimindo-os.

Sem dúvida que para evoluir deste raciocínio para a metodologia apresentada teve-se de montar um verdadeiro "quebra-cabeças", o qual só foi realmente elucidado ao empregar o conhecimento oriundo da pesquisa bibliográfica, e da análise da mesma, no dia-a-dia de planejamento.

Acredita-se ter alcançado ao final deste trabalho, mediante a proposição de uma metodologia, praticamente todos os seus objetivos, uma vez que se encontram definidos os meios para auxiliar equipes de desenvolvimento de produtos a definirem as atividades que devem ser executadas no decorrer dos seus projetos; os meios para auxiliar equipes de desenvolvimento de produtos a determinar qual o nível de detalhamento apropriado para cada uma das atividades desdobradas para o projeto; e os meios para auxiliar a estas equipes a seqüenciar as atividades de projeto desdobradas.

Os pontos que se pretende ainda desenvolver, mesmo fora do período de mestrado, são uma melhor forma de representação dos resultados da aplicação da metodologia para o planejamento de atividades, e se possível a sua implementação em um sistema especialista.

Ficam como sugestões para trabalhos futuros, a incorporação na referida metodologia dos processos de planejamento da configuração de equipes de projeto; estimativas de tempos e alocação de recursos; programação do projeto; e elaboração de cronogramas para que se possua uma metodologia completa prescrevendo como proceder para planejar o processo inteiro de desenvolvimento de produtos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSTIN, S. & STEELE, J. **Mapping the Conceptual Design Activity of Interdisciplinary Teams.** Design Studies Vol. 22 N°. 03 May 2001.

BACK, N. & FORCELLINI, F. A. **Notas de Aula da disciplina de Projeto de Produtos.** Florianópolis, NeDIP / UFSC / PPGEM 2000.

BACK, N. & OGLIARI, A. **Notas de Aula da disciplina de Gerenciamento do Desenvolvimento do Produto.** Florianópolis, NeDIP / UFSC / PPGEM 2000.

BLANCHARD, B. S. & FABRICKY, W. J. **System Engineering and Analysis.** Prentice-Hall, 1990.

BROWNING, T. R. **Use of Dependency Structure Matrices for Product Development Cycle Time Reduction.** Proceedings of the Fifth ISPE International Conference of Concurrent Engineering: Research and Applications, Tokyo, Japan, July 15-17, 1998.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento pelas Diretrizes.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1996.

CARRASCOSA, M; EPPIGNER, S. D. & WHITNEY D. E. **Using the Design Structure Matrix to Estimate Product Development Time.** Proceedings of DETC'98. 1998 ASME Design Engineering Technical Conferences. September 13-16, 1998. Atlanta, Georgia, USA.

CHENG, L. C. **Caracterização da Gestão de Desenvolvimento do Produto: Delineando o seu Contorno de Dimensões Básicas.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS. (2. :2000 : São Carlos, SP) Anais... São Carlos: USP, 2000.

CROW, Kenneth. **Value Analysis and Function Analysis System Technique**. DRM Associates, 1996. Disponível em <<http://members.aol.com/drmassoc/va.html>>. Acesso em: 24 de outubro de 2001.

CRUZ, T. **Workflow: A Tecnologia que vai Revolucionar Processos**. São Paulo: Atlas, 1998.

DINSMORE, P. C. **Gerência de Programas e Projetos**. São Paulo: Pini, 1992.

FAKHRULDIN, M. HASHIM, N. P. J. PENNINGTON, A. **A Functional Approach to Redesign**. Engineering with Computers 10: 125-139. Springer-Verlag London Limited, 1994.

FERREIRA, F. W. **Planejamento sim e não: um modo de agir num mundo em permanente mudança**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

FLEURY, A. **Qualidade e Produtividade na Estratégia Competitiva das Empresas Industriais Brasileiras**. In: CASTRO, N. (org.) **A máquina e o equilibrista: Inovações na indústria automobilística brasileira**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1995.

FORD, R. C. & RANDOLPH, W. A. **Organizational Structure And Project Management**. Edited in: PINTO, Jeffrey K. **Project Management Handbook**. Jossey-Bass Publishers, 1998.

GIDO, J. & CLEMENTS, J. P. **Network Planning and Scheduling**. Edited in: PINTO, Jeffrey K. **Project Management Handbook**. Jossey-Bass Publishers, 1998.

GroupSystems® Activity Modeler, IDEF0 Primer. Disponível em <http://www.bm.ust.hk/~zhao/ISMT610F/Ventana/activity_modeler.html>. Acesso em: 28 de novembro de 2001.

HERMANN, Nilo, OGLIARI, André & BACK, Nelson. **Sistematização do Desenvolvimento de Estrutura de Funções**. In: 16º ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Piracicaba, 1996.

HUNDAL, M. S. "A Systematic Method for Developing Functional Structures, Solutions and Concepts Variants." Mech. Mach. Theory, vol. 25, n.3, pp.243-256, 1990.

iGrafx IDEF0, The Intelligent IDEF0 Business Modeling Solution. Disponível em: <<http://www.micrografx.dk/download/brochures/igxidf-bro-en.pdf>>. Acesso em: 27 de novembro de 2001.

JURAN, J. M. A History of Managing for Quality. Milwaukee: ASQC Quality , 1995.

KERZNER, H. PROJECT MANAGEMENT, A System Approach in Planning, Scheduling and Controlling. John Wiley & Sons, 1998.

KIMBLER, D. L. IDEF0 Models, IE340 Lecture Notes #4, 1997. Disponível em <<http://taylor.eng.clemson.edu/ie340/files/340-4.htm>>. Acesso em: 22 de novembro de 2001.

KIRSCHMAN, C. F., FADEL G. M. & JARA-ALMONTE C. C. "A Function Based Taxonomy for Functional Design" Paper submitted to the ASME Transactions, Journal of Mechanical Design and to the ASME Design Technical Conferences, Boston, September 1995.

LIMA, A. Globalização e novo paradigma tecnológico: Os desafios da inserção internacional da indústria brasileira. Fortaleza : IPLANCE/CORECON-CE, 1997.

MARINS, L. Os Desafios do Século XXI. Disponível em: <<http://www.cramg.com.Br/download/copanad/Palestra%20Prof.%20Marins%20VI%20COPANAD.ppt>>. Acesso em: 25 de fevereiro de 2002.

MCCONNELLY, K. Introduction to IDEF Modeling: Function and Information Modeling. North American Department of Defense (DoD), 1990.

MICHAELIS, Dicionário de Língua Portuguesa On Line. Disponível em <<http://www.uol.com.br/michaelis>>. Acesso em: 31 de julho de 2002.

Microsoft Visio, The Office Business Diagramming Solution. Disponível em <<http://www.microsoft.com/office/visio>>. Acesso em: 27 de novembro de 2001.

MIT Homepage. Disponível em <<http://web.mit.edu/dsm/>> . Acesso em: 31 de dezembro de 2002.

MORRIS, P. W. G. **Key Issues in Project Management**. Edited in: PINTO, Jeffrey K. **Project Management Handbook**. Jossey-Bass Publishers, 1998.

NIST (National Institute of Standards and Technology). **Federal Information Processing Standards Publication 183, Integration Definition for Function Modeling (IDEF0)**. FIPS PUB 183, December 1993. Disponível em <<http://www.idef.com>>. Acesso em: 27 de novembro de 2001.

OWEN, C. L. **Design, Advanced Planning and Product Development**. Anais: 3º P&D Design 98. Associação de Ensino de Design do Brasil. Rio de Janeiro, 25-28 de Outubro, 1998.

PAHL, G. & BEITZ, W. **Engineering Design, A Systematic Approach**. Springer-Verlag London Limited. Printed in Grain Britain, 1996.

PRASAD, B.; WANG, F; DENG, J. **A concurrent Workflow Management Process for Integrated Product Development**. **Journal of Engineering Design**. v.9, n.2, p. 121-135. 1998

Pimmler, Thomas U. and Eppinger, Steven D., "Integration Analysis of Product Decompositions", Proceedings of the ASME Sixth International Conference on Design Theory and Methodology, Minneapolis, MN, Sept., 1994. Also, M.I.T. Sloan School of Management, Cambridge, MA, Working Paper no. 3690-94-MS, May 1994.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE Standards Committee. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge**. Project Management Institute, Upper Darby, PA 19082 USA, 2000.

ROMANO, L.N. **Uma Proposta de Modelo de Referência para o Gerenciamento do Processo de Desenvolvimento de Produto: Aplicações na Indústria Brasileira de Máquinas Agrícolas**. Florianópolis, 2000. Proposta de Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

ROMANO, L.N, SCALICE, R.K. & BACK, N. **A Importância do Processo de Planejamento na Gestão de Desenvolvimento de Produtos**. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS**. (2. :2000 : São Carlos, SP) Anais... São Carlos: USP, 2000.

ROOZENBURG, N. F. M. & DORST, K. **Some Guidelines for the Development of Performance Specifications in Product Design**. ICED 91, Zurich, August, 1991, pp. 359-366.

ROOZENBURG, N. F. M. & EEKELS J. **Product Design: fundamentals and methods**. Chichester: John Wiley & Sons, 1995.

SALERNO, M. **Trabalho e Organização na Empresa Industrial Integrada e Flexível**. In : FERRETTI, Celso et. al. (Org.). **Novas tecnologias, trabalho e educação: Um debate multidisciplinar**. 3°. Ed. Petrópolis: Vozes, 1996.

SIMONS, G. R. & LUCARELLI, C. M. **Work Breakdown Structures**. Edited in: PINTO, Jeffrey K. **Project Management Handbook**. Jossey-Bass Publishers, 1998.

SLACK, N. et. Al. **Administração da Produção**. Editora Atlas S.A. – São Paulo, 1997.

STEWART, DV. **Systems Analysis and Management, structure, strategy and design**. New York / Princeton: Petrocelli Books, 1981.

VERZUH, E. **MBA Compacto, Gestão de Projetos**. Editora Campus – Rio de Janeiro, 2000.
WBS Chart for Project. Disponível em <<http://www.criticaltools/wbsframe.htm>>. Acesso em: 03 de janeiro de 2002.

WIXSON, James R. **Function Analysis and Decomposition using Function Analysis System Technique**. Disponível em <http://www.srv.net/~wix/622_p113.pdf>. Acesso em: 24 de outubro de 2001.