

Um Ambiente para o Desenvolvimento Concorrente de Produtos

José C. Teixeira

Dep. de Matemática - Fac. de Ciências e Tecnologia da Univ. de Coimbra

Nuno J. Madeira

José P. Ramos

Escola Superior de Tecnologia de Tomar

CENTRO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA - CCG/zgdv

R. de Moçambique, 17, R/C Esq, 3000 COIMBRA

Tel: 039 - 70 26 46; Fax: 039 - 70 26 47

Sumário

O Desenvolvimento Concorrente de Produtos (DCP) é um conceito estratégico. No ciclo de desenvolvimento de um produto, um ambiente concorrente suporta, em simultâneo, a **concepção** e o **planeamento de processos de produção**, de modo efectivo, eficiente e flexível, com o fim de controlar os tempos de desenvolvimento, a qualidade e o custo final do produto. A correcta integração de todas aquelas funções e a dinâmica concorrente das decisões das várias equipas de Engenharia envolvidas, conduzem, no final, a um produto de efectiva consistência.

O presente artigo apresenta, em primeiro lugar, uma análise comparativa entre o DCP e o Projecto Tradicional. Seguidamente, referem-se os principais tópicos sobre o Ambiente Global, e as três grandes estruturas de suporte que integram a concepção de um Sistema para DCP: **Estrutura Organizacional**, **Estrutura de Comunicação** e **Estrutura de Modelação**. Finalmente, apresentam-se algumas contribuições com vista a enquadrar o desenvolvimento de produtos no ambiente suportado por aquelas estruturas.

1. DCP versus Projecto Tradicional

1.1 Os Ciclos de Desenvolvimento de Produtos

O DCP foi proposto para melhorar potencialmente o desenvolvimento de um produto. O seu propósito inicial é satisfazer, simultaneamente, as características e capacidades de um produto, aos níveis da consistência, funcionalidade, resistência, produção e venda, e reduzir os tempos e custos do ciclo de desenvolvimento, de forma a obter um valor e qualidade acrescentados. O DCP é, essencialmente, uma estratégia de gestão e de mudança organizacional. Em comparação com a abordagem *sequencial*, *iterativa* e *distribuída* que caracteriza o desenvolvimento de um produto em Projecto Tradicional, o DCP requer uma abordagem *paralela*, *interactiva* e *cooperativa* ([1]).



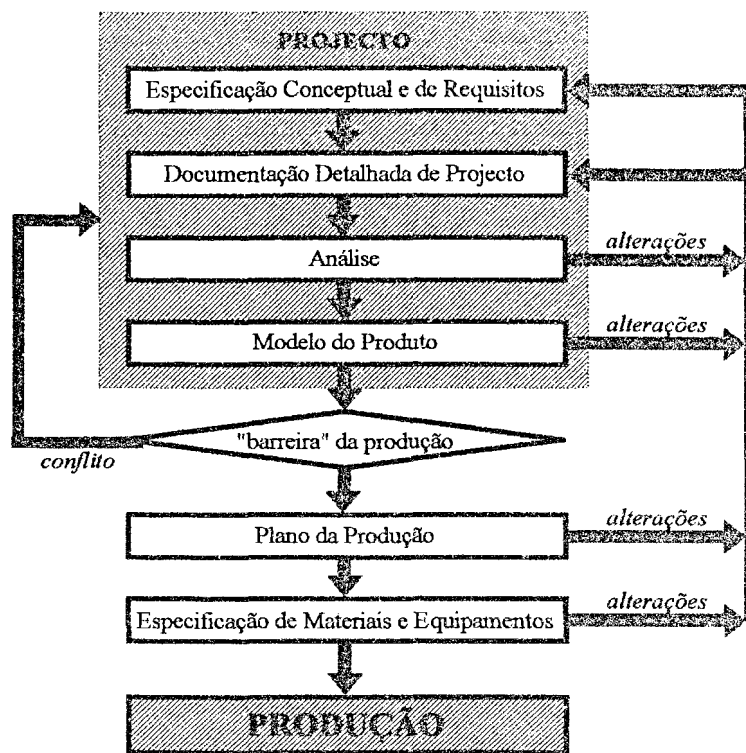


fig. 1 - Ciclo de Trabalho para desenvolvimento de produtos em Projecto Tradicional

Em Projecto Tradicional, o desenvolvimento do produto segue um percurso sequencial, com o início de cada fase a seguir à conclusão da fase anterior (fig. 1). Os intervenientes de uma equipa de projecto operam, normalmente, com algum distanciamento ao nível das várias perspectivas e decisões funcionais relativas ao produto, e com relativo alheamento das suas incidências nos aspectos da produção. Consequentemente, estabelece-se uma *"barreira" geradora de conflitos funcionais entre as áreas de projecto e de produção*. Para se vencer esta barreira, o modelo do produto deverá ser objecto de sucessivas e profundas alterações, até que sejam resolvidas as questões fundamentais da produção. E, mesmo depois de resolvidas, é comum emergirem ajustamentos de pormenor que prolongam o ciclo de alterações e, portanto, o ciclo de desenvolvimento. Este ciclo de alterações, implicando o retorno sistemático aos níveis iniciais da concepção, constitui, assim, um factor de custos de dramática imprevisibilidade para o desenvolvimento.

Num ambiente concorrente (fig. 2), são tomados em simultâneo todos os aspectos do desenvolvimento do produto. A maior parte das alterações surge precocemente, logo nos primeiros tempos de desenvolvimento, podendo, pois, ser realizadas com maior facilidade e previsibilidade, reduzindo o seu papel nos custos de desenvolvimento. Desaparecida a barreira da produção, uma vez que as áreas de competências de concepção e de produção concorrem em simultâneo, é minimizado o recurso a modelos intermédios, pois, *o modelo*

do produto evolui por ajustamentos consensuais. Assim, desenvolvendo-se num ciclo mais curto, mais previsível e mais consensual, o produto beneficia de melhorias ao nível da qualidade com redução de custo.

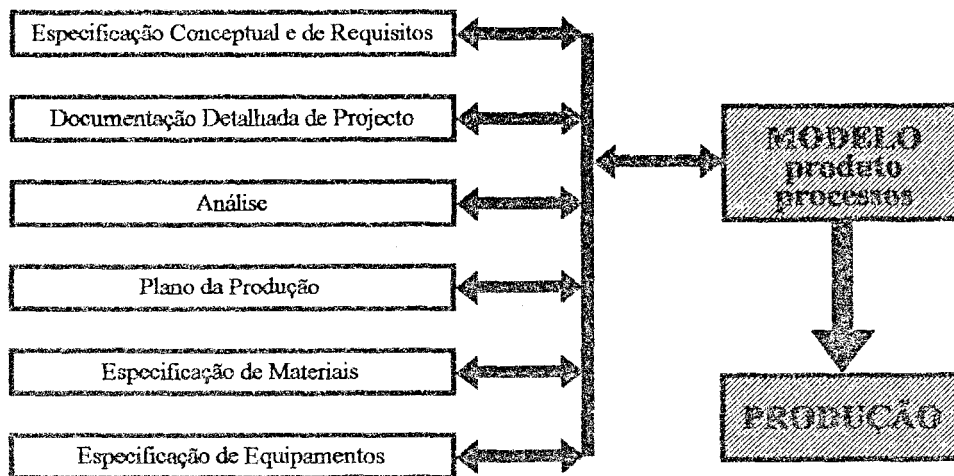


fig. 2 - Ciclo de Trabalho para desenvolvimento de produtos em DCP

As duas abordagens reflectem uma outra diferença fundamental: a natureza do *Modelo do Produto*. No Projecto Tradicional, o modelo do produto exprime, fundamentalmente, a perspectiva funcional do produto (concepção). A partir de determinada altura (barreira da produção), as alterações sofridas pelo modelo decorrem da sua sujeição obrigatória à perspectiva dos processos de produção. Ora, no DCP, o modelo do produto exprime, logo desde o início, as suas perspectivas funcionais e as suas perspectivas dos processos de produção. Constitui, simultaneamente, *Modelo do Produto e de Processos*.

1.2 Relações Custos/Responsabilidades

Estudos realizados pelo AFGI ([2]), sobre os custos de desenvolvimento de produtos, concluem que a fase de Modelação do Produto é responsável por mais de 70% da formação desses custos, o que evidencia uma responsabilidade substancialmente menor, na formação de custos de desenvolvimento, das fases comprometidas com os aspectos da produção.

Contudo, no Projecto Tradicional, os custos incorridos (contabilísticos) em cada uma das fases do desenvolvimento de um produto, vão crescendo sem relação directa com as respectivas responsabilidades na formação desses custos (fig. 3).

Esta aparente contradição advém dos custos da conflitualidade latente entre as duas áreas de competência (concepção e produção) e que se traduz numa *inversão de autoridade*: as decisões da concepção funcional do produto, sendo tomadas em primeiro

lugar e com maior responsabilidade na formação dos custos, baseiam-se numa lógica de predominância sobre as decisões para os processos de produção; todavia, passam a ser, à posteriori, submetidas a estas durante o resto do ciclo de desenvolvimento, com vista à obtenção da consistência final do modelo do produto para as necessidades da produção.

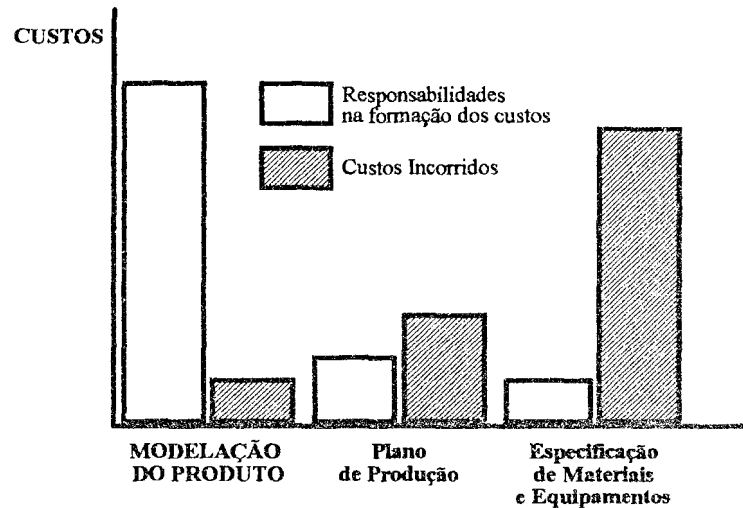


fig. 3 - Projecto Tradicional: Responsabilidades na formação dos Custos e Custos Incorridos

Assim, e contrariamente ao que seria lógico supor (a desvinculação progressiva das competências iniciais), de facto, é exigida uma cada vez maior afectação de competências, envolvidas em longos e penosos processos de iteração do modelo do produto, com implicação no crescimento dos custos.

Este agravamento de custos fundamenta-se na *insuficiência do modelo do produto*: é consistente com a funcionalidade desejada, mas inconsistente com os possíveis processos de produção; a harmonização destas duas consistências é realizada extemporaneamente, através de alterações ao modelo, desencadeando disfuncionamentos e compromissos que arriscam a qualidade final do produto.

O propósito do DCP é, pois, *obter uma maior e mais global afectação de competências logo nas primeiras fases do ciclo de desenvolvimento do produto, de modo a obter um modelo de produto com uma consistência permanente entre a funcionalidade e os processos de produção*. Este propósito implica numa redução geral do ciclo de alterações e, por conseguinte, no ciclo de desenvolvimento do produto. Assim, são maiores os custos iniciais, diminuindo acentuadamente, ao longo de todo o período de desenvolvimento, numa relação mais directa com as responsabilidades na formação desses custos (fig. 4).

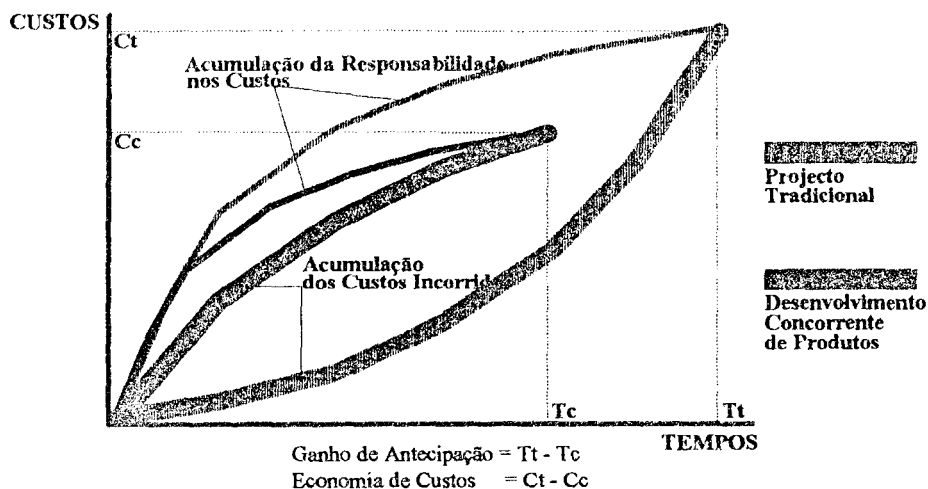


fig. 4 - Acumulação das Responsabilidades na Formação dos Custos e dos Custos Incorridos, em Projecto Tradicional e em DCP

2. O Sistema Global para o DCP

2.1 Requisitos Gerais

Com vista a estabelecer um ambiente de cooperação entre áreas de competências e de perspectivas diversas, a concepção de um Sistema para DCP deve subordinar-se, segundo [3], a três grandes categorias de requisitos interdependentes:

Interfaces com Sistemas CAD/CAM/CAE: O Sistema deverá interactuar com subsistemas de modelação do produto, capazes de o representar segundo a mais ampla variedade de perspectivas funcionais e de produção. Este requisito impõe a necessidade de prever interfaces com sistemas CAD/CAM/CAE, para o acesso a essa variedade de perspectivas.

Propriedades de Conhecimento: O Sistema deverá suportar o Conhecimento para a Gestão do Desenvolvimento, para avaliação do Modelo de Produto/Processos e para apoio à decisão sobre alterações, versões e melhorias. Este requisito relaciona-se com a necessidade de *gerir áreas com objectivos potencialmente conflitantes*: os objectivos para a consistência funcional do produto e os objectivos para os processos de produção.

Propriedades Funcionais: O Sistema deverá dispor de suficiente flexibilidade para o permanente enquadramento do desenvolvimento do produto segundo uma ampla variedade de perspectivas. Este requisito relaciona-se com as necessidades de *permitir o permanente acesso a toda a informação disponível sobre o actual estado de desenvolvimento e permitir a evolução do desenvolvimento, mesmo perante situações de informação*

incompleta. Estas necessidades implicam em tarefas de *Gestão do Desenvolvimento do Produto* com a inclusão de metodologias capazes de suportar vários milhares de restrições, com vista a refinar, organizar e estruturar o Conhecimento, que, geralmente, surge de forma mais ou menos caótica.

2.2 Gestão do Desenvolvimento do Produto

Segundo [4], as tarefas de *Gestão do Desenvolvimento do Produto* podem ser entendidas de acordo com três grandes áreas: *Gestão de Actividades*, *Gestão de Configuração do Produto* e *Gestão de Recursos*.

A *Gestão de Actividades* envolve quatro áreas elementares: *Planificação*, *Calendarização*, *Controle* e *Análise*.

- **Planificação:** Consiste na *definição* de *actividades*, *especificações de precedência*, *requisição de recursos*, *durações*, *prazos*, *datas de controle*, e *responsabilidades*.
- **Calendarização:** Consiste na *descrição* da *sequência de actividades a realizar*, dos *tempos necessários à sua realização* e dos *recursos a disponibilizar*.
- **Controle:** Consiste na *monitorização* do *desempenho geral do projecto* e dos *desvios ao calendário* motivados por alterações ao plano inicial (os quais podem, eventualmente, implicar em alterações de planificação e de calendarização).
- **Análise:** Consiste no *estudo e avaliação* dos *planos*, *calendários*, *actividades de controle*, *situações de excepção*, *prazos*, *orçamentos* e *previsões de risco*.

A *Gestão de Configuração do Produto* envolve duas áreas elementares: *Gestão do Produto* e *Gestão de Alterações*.

- **Gestão do Produto:** Consiste na *gestão* das *várias versões* e das *sucessivas variações* do produto em desenvolvimento.
- **Gestão de Alterações:** Consiste na *gestão* das *propostas de alteração* e *respectivas avaliações de impacto*, da *atribuição de pessoal para a realização das alterações* e da *instalação das versões do produto*.

A *Gestão de Recursos* envolve três áreas elementares:

- **Previsão e Aquisição** de recursos para as necessidades do desenvolvimento.
- **Atribuição de Responsabilidades** para a adequada utilização dos recursos.
- **Armazenamento, Manutenção e Reparação** de recursos críticos, para evitar engarrafamentos.

Assim, a enorme *diversidade organizacional* e o *fraco acoplamento* das tarefas de *Gestão do Desenvolvimento do Produto*, a *dimensão e complexidade do Modelo do Produto* e a *multiplicidade de alterações* a que este modelo está sujeito, são factores que, em associação com os requisitos referidos em 2.1, justificam um importante esforço de investimento em *suportes organizacionais e de comunicação*, para além dos suportes de modelação referidos na primeira categoria de requisitos.



2.3 As Estruturas de Suporte do Sistema

A acelerada evolução observada, na última década, na concepção de novos recursos para modelação de produtos, não foi suficiente para enquadrar, por si só, as transformações organizacionais exigidas para o DCP. Por outro lado, a concepção de recursos computacionais baseados em Conhecimento, para configuração e exploração de ambientes organizacionais cooperativos e respectivas exigências de comunicação, tem vindo a constituir crescente empenho dos investigadores envolvidos na área do *Trabalho Cooperativo Assisted por Computador* ([5], [6]), cujos contributos fundamentam, em grande parte, o DCP.

Um Sistema para DCP destina-se a promover um Ambiente Global para o Desenvolvimento Concorrente de cada Produto. As considerações anteriores conduzem à integração de três grandes estruturas de suporte para esse Ambiente Global: *Estrutura Organizacional*, *Estrutura de Comunicação* e *Estrutura de Modelação* (fig. 5). A configuração do Ambiente Global (Conhecimento Organizacional) e o próprio Modelo de Produto/Processos (Conhecimento do Produto), estão, em cada momento, representadas no *Conhecimento do Sistema*. Assim, as referidas estruturas de suporte constituem-se como centros independentes, mas interactuantes, de recursos especializados, destinados a gerir esse Conhecimento e a configurar os ambientes específicos que se constituem no Ambiente Global (*Ambiente Organizacional*, *Ambiente de Comunicação* e *Ambiente de Modelação*).



fig. 5 - Sistema Global para DCP:
As Estruturas de Suporte e o Conhecimento do Sistema

2.4 A Estrutura Organizacional

A modelação do ambiente organizacional específico para cada processo de Desenvolvimento Concorrente de um Produto é uma necessidade fundamental de gestão. Modelar um ambiente organizacional, significa *representar e gerir* os diversos *prazos, competências, perspectivas, responsabilidades e recursos*, de forma a *traduzir e suportar as actividades* que constituem esse processo de desenvolvimento. Assim, uma Estrutura Organizacional terá de constituir-se como um centro de recursos de *gestão integrada*, destinados a *apoiar todos os níveis de decisão*.

Para traduzir e suportar as actividades do desenvolvimento, a Estrutura Organizacional terá de aceder a um *Conhecimento Organizacional*, representado, de acordo com as respectivas áreas específicas, em três *manuals*: *Manual Organizacional, Manual de Comunicação e Manual do Produto*. A natureza destes três manuais é referida mais adiante.

2.5 A Estrutura de Comunicação

Uma organização, em termos gerais, é estabelecida de acordo com um conjunto de protocolos de comunicação entre os seus diversos agentes. Cada um destes agentes é caracterizado, perante a organização, por um *padrão específico de diálogo*, em termos da sua capacidade de fornecer conhecimento à organização e da sua necessidade em obter conhecimento dessa mesma organização.

Em DCP, a estratégia de gestão do desenvolvimento baseia-se no consenso. Assim, num processo de Desenvolvimento Concorrente de um Produto, cada um dos intervenientes deverá deter a capacidade de fornecer, em cada momento, a perspectiva da sua competência específica, e de ter acesso a todo o conhecimento Organizacional e do Produto, de acordo com a sua perspectiva particular.

Subordinada directamente à Estrutura Organizacional, que interpreta e administra o modelo protocolar de comunicações representado, globalmente, no Conhecimento de Sistema e, em especial, no *manual de comunicação*, a Estrutura de Comunicação terá de constituir-se como um centro de recursos de comunicação capazes de satisfazer os mais específicos padrões de diálogo organizacional.

2.6 A Estrutura de Modelação

A Estrutura de Modelação constitui-se como um centro de recursos de *modelação*, capazes de representar o Produto segundo as mais amplas perspectivas funcionais e de produção e de traduzir o papel das diferentes competências no processo de desenvolvimento, e de



recursos de *consulta*, de *permuta de modelos*, de *conversão de representações*, de *geração de diferentes "vistas" do modelo*, ou, seja, de *visualização* do Modelo de Produto/Processos, de acordo com as necessidades das perspectivas e competências específicas.

Estes requisitos têm motivado a concepção de recursos de modelação de produtos, capazes de representar a *descrição paramétrica das suas características de produção*, e originando modelos mais ricos e mais conformes às necessidades do DCP, como é o caso dos *modelos baseados em características* [(7)].

2.7 O Conhecimento do Sistema

O Sistema tem propriedades de Conhecimento Organizacional e de Conhecimento do Produto. O Conhecimento do Produto está representado no Modelo de Produto/Processos. O Conhecimento Organizacional está representado em três *manuals*:

Manual Organizacional: define os recursos existentes (incluindo os recursos humanos), as suas disponibilidades, as competências organizacionais e respectiva estrutura hierárquica, e armazena a informação de suporte a todas as tarefas de *Gestão do Desenvolvimento do Produto*, referidas em 2.2.

Manual de Comunicação: define os padrões específicos de diálogo organizacional, e os protocolos de comunicação capazes de suportar esse diálogo; guarda registo dos actos de comunicação formal.

Manual do Produto: define o processo de desenvolvimento do produto, por decomposição hierárquica, descrevendo cada *componente*, segundo o seu *nível de decomposição*, a sua *identificação* e as referências à *atribuição de responsabilidades para o desenvolvimento*, à sua *especificação*, aos *protocolos e actos de comunicação para o desenvolvimento*, e à sua *representação no Modelo*.

3. Contribuições para o Manual do Produto

3.1 Decomposição Hierárquica para o Desenvolvimento

O DCP apoia-se na sucessiva *decomposição hierárquica do produto*, de acordo com o seu conteúdo semântico. Esta *Hierarquia do Produto*, representada no *Manual do Produto* segundo uma árvore de componentes, ou *Partes do Produto* (fig. 6), congrega, simultaneamente, a perspectiva "*Top-Down*" dos seus aspectos funcionais, e a perspectiva "*Bottom-Up*" dos seus processos de Aquisição-Produção-Montagem.

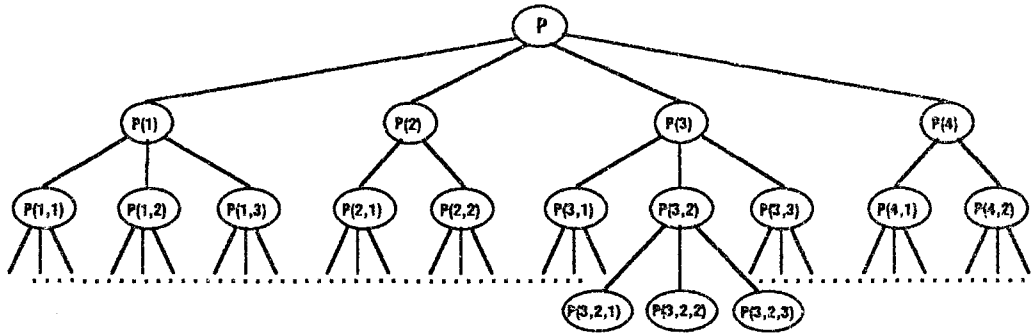


fig. 6 - Hierarquia do Produto: P é o Produto (parte principal);
cada $P(i_1, i_2, i_3, \dots, i_n)$ é parte de $P(i_1, i_2, i_3, \dots, i_{n-1})$

A cada Parte do Produto, é atribuída, durante o processo, uma *responsabilidade* para o desenvolvimento, que irá especificar a Parte e, de acordo com essa *especificação*, decidir sobre a sua decomposição. A cada Parte corresponde um *suporte comunicacional próprio* e uma *representação no Modelo de Produto/Processos*. A representação deste conhecimento para cada Parte, está esquematizada na fig. 7.

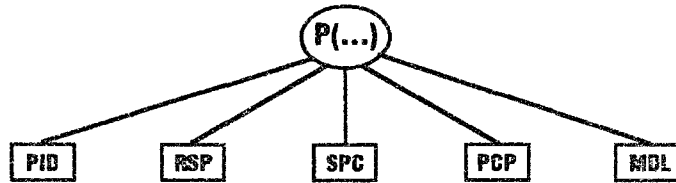


fig. 7 - Esquema do Conhecimento de cada Parte do Produto

- PID** *Identificação da Parte*: Referência Técnica da Parte, incluindo eventuais referências a versões.
- RSP** *Responsabilidade*: Referência à equipa para o desenvolvimento da Parte.
- SPC** *Especificação*: Referência à documentação de apoio à Descrição da Parte e à sua Produção, Montagem, ou Aquisição.
- PCP** *Protocolos de Comunicação do Produto*: Referência aos mecanismos e aos registos de suporte do Diálogo na Equipa e entre Equipas, e ao acesso a Especificações e Modelos.
- MDL** *Modelo*: Referência à representação da Parte no Modelo de Produto/Processos.



fig. 8 - Esquema da Responsabilidade para o Desenvolvimento de cada Parte do Produto

A Parte é desenvolvida por uma *Responsabilidade Principal (PRI)*, que, de acordo com as diferentes perspectivas envolvidas, *delega parte da sua responsabilidade num conjunto de competências (DLG)*, formando, assim, uma equipa (fig. 8).

Esta equipa irá, inicialmente, descrever os *Requisitos Funcionais da Parte (FRQ)*. De acordo com a Análise desta descrição, serão definidos outros *requisitos* da Parte (fig. 9), segundo uma das três continuações para o processo de desenvolvimento:

SRQ *Requisitos de Fornecimento (Supplying)*: Referem-se ao caso da Parte ser adquirida por Fornecimento Externo, e descrevem as suas Exigências de Mercado.

MRQ *Requisitos de Produção (Manufacturing)*: Referem-se ao caso da Parte ser destinada à Produção, e descrevem os seus Processos de Produção.

ARQ *Requisitos de Montagem (Assembling)*: Referem-se ao caso da Parte carecer de Decomposição, e descrevem os seus Processos de Montagem.

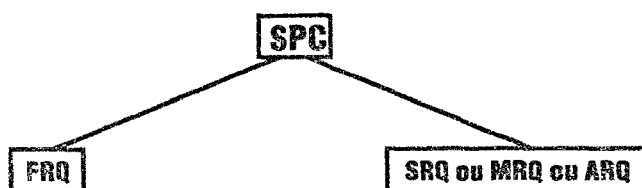


fig. 9 - Esquema da Especificação de cada Parte do Produto

As tarefas de desenvolvimento do produto exigem, por um lado, um suporte de diálogo entre os elementos da mesma equipa e entre diferentes equipas, e, por outro lado, o acesso a Especificações e Modelos. Este acesso ao Conhecimento do Produto em desenvolvimento, é enquadrado por meios específicos de comunicação (fig. 10):

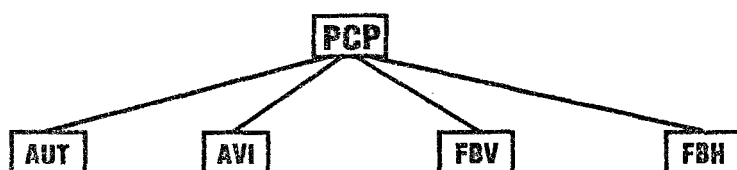


fig. 10 - Esquema do Protocolo de Comunicação para cada Parte do Produto

AUT *Comunicação Automática*: Acesso automático ao Modelo e às Especificações.

AVI *Comunicação Audio-Visual Interactiva*: Diálogo informal e em tempo real.

FBV *Comunicação Formal, "Batched" e Vertical*: Diálogo hierárquico para decomposição e montagem. Destina-se à articulação das perspectivas "Top-Down" e "Bottom-Up".

FBH *Comunicação Formal, "Batched" e Horizontal*: Diálogo entre competências concorrentes em montagem (no mesmo nível de decomposição). Destina-se à articulação das exigências de montagem das partes da mesma componente.

3.2 Considerações Finais

O Manual do Produto constitui o Conhecimento Organizacional do Produto cuja decomposição representa. Assim, as tarefas de desenvolvimento do produto, são superiormente enquadradas pela Estrutura Organizacional, em termos de disponibilidade de competências, de recursos e de calendário, e em termos de avaliação, a partir do conhecimento representado no Manual Organizacional.

Os meios de comunicação específicos para a decomposição constituem parte do Conhecimento Organizacional da Comunicação, representado no Manual de Comunicação, e são suportados pela Estrutura de Comunicação.

Assim, considerando as relativas autonomia e independência tecnológica dos recursos de modelação de Produtos, é de considerar que os esforços no desenvolvimento de Sistemas para DCP incidam particularmente na concepção de Estruturas Organizacionais e de Comunicação capazes de enquadrar e suportar esta perspectiva geral para o Desenvolvimento de Produtos.

Referências Bibliográficas

- [1] Lu, S.; **Computer Tools for Concurrent Engineering: Challenges Requirements and Solutions**; Symposium on International Trends in Manufacturing Towards 21st Century, Berlim, 1991.
- [2] AFGI: Association Française de Gestion Industrielle; Vol.2, Ed. Dunod, Paris, 1986.
- [3] O'Grady, P.; **Required Developments in Systems for Concurrent Engineering**; The First CIRP International Workshop on Concurrent Engineering for Product Realization, Tóquio, 27-28 Junho, 1992.
- [4] Sathi, A. e Morton T. E.; **Callisto: An Intelligent Project Management System**; em *Computer Supported Cooperative Work: A Book of Readings*, editado por Irene Greif, Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, California, 1988, pgs. 269-309.
- [5] Smith, H. T., Hennessy, P. A. e Lunt, G. A.; **An Object-Oriented Framework for Modeling Organizational Communication**; em *Studies in Computer Supported Cooperative Work*, Bowers & Benford Editors, North Holland, 1991, pgs. 145-158.
- [6] Hornung, C. e Santos, A.; **Cooperative User-Interfaces and Networks for Collaboration**; EUROGRAPHICS'93 - Annual Conference of the European Association for Computer Graphics, Tutorial, Barcelona, 6-10 Setembro, 1993.
- [7] Bidarra, R. e Teixeira, J.; **Mecanismos de Raciocínio na Manipulação de Modelos Baseados em Características de Forma**; 5º Encontro Português de Computação Gráfica; Aveiro, 3-5 Fevereiro, 1993.

