

CAPÍTULO I

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E SUA IMPORTÂNCIA PARA A COMPETITIVIDADE

1.1 - INTRODUÇÃO

O atual cenário de competição nacional e internacional aponta a sobrevivência das empresas como função do grau de competitividade de seus produtos. A competitividade, por sua vez, baseia-se nos requisitos de qualidade, custo e tempo, como ilustrado na fig. 1.1. Num mercado global e em constante evolução, o perfil do consumidor atual exige produtos de alta qualidade a um baixo custo. Um produto que chegar tardiamente ao mercado terá sua fatia deste mercado ocupada por um concorrente ou talvez já não satisfaça mais as necessidades, em constante evolução, do consumidor. Além disto, inserido neste cenário, observa-se que o número de empresas entrando no mercado é cada vez maior; que a competição de preços e outros tipos de dimensões competitivas (como a qualidade) tem se tornado cada vez mais acirradas; que o ciclo de vida dos produtos está ficando cada vez mais curto; e que a produção de grande variedade e pequenos lotes está crescendo, em resposta à diversificação das necessidades dos consumidores. Assim, o processo de desenvolvimento de produtos assume importância fundamental para a competitividade das indústrias no mercado. Este desenvolvimento visto de maneira simples, engloba tudo sobre a elaboração de produtos certos para os mercados certos, a qualidade certa, o preço certo, para as especificações e desempenho certos. Em outras palavras desenvolvimento de produtos é um processo pelo qual uma organização transforma informações de oportunidades de mercado e de possibilidades técnicas em informações para a fabricação de um produto comercial. Este processo vai além do projeto do produto e do processo, englobando relações com outros setores da empresa como a produção, o marketing e a logística, e com o ambiente externo a empresa, como o mercado.

Como parte do desenvolvimento se tem a atividade de projeto do produto. O objetivo é então orientar o leitor para uma visão abrangente do desenvolvimento de produtos, mais especificamente para o projeto de produtos, mostrando as preocupações que deve ter, quais são os métodos e ferramentas apropriadas para o desenvolvimento de um produto de qualidade, que hoje em dia tem uma conotação bem ampla. Deixar claro, também, que projeto não é somente uma atividade de cálculo ou dimensionamento de componentes mecânicos, por exemplo, como se tem ouvido, às vezes, de frequentadores de cursos de projeto.

Tem-se, ainda, o objetivo de mostrar a importância da atividade de projeto para a qualidade ou competitividade do produto, e como isto pode ser alcançado com o uso de uma metodologia ou sistemática apropriada.

Com a globalização da economia, a consciência da importância da atividade de projeto do produto e da busca por conhecimentos e métodos, para melhorar a qualidade e reduzir o ciclo de desenvolvimento, tem-se observado uma evolução significativa nos últimos anos.

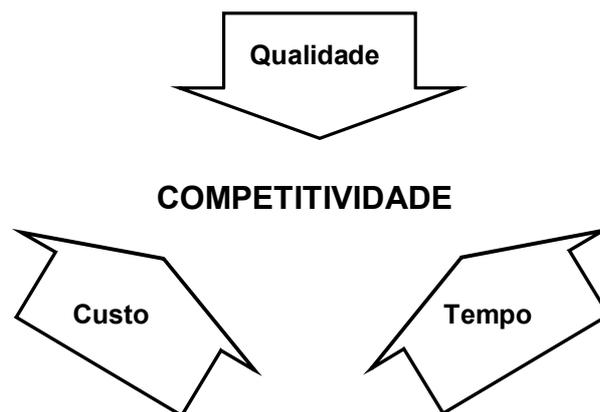


Fig. 1.1 - Requisitos para a competitividade de produtos.

1.2 – PRODUTO

Num sentido amplo, produto pode ser um bem ou serviço resultante de qualquer processo. Mais especificamente, o termo produto se refere a artefato¹ concebido, produzido, transacionado e usado pelas pessoas ou organizações, por causa das suas propriedades e funções que podem desempenhar, satisfazendo desejos ou necessidades de um mercado.

Os produtos são constituídos de elementos básicos que formam um conjunto de atributos básicos tais como: aparência, forma, função, material, embalagem, rótulo, cor, sabor e aroma, marca, imagem (reputação), serviços pós-venda e garantias.

Um novo produto pode ser considerado como o desenvolvimento e a introdução de um produto, não previamente manufaturado por uma empresa, no mercado ou a apresentação de um produto já existente num novo mercado não previamente explorado pela empresa.

Novos produtos não necessariamente significam produtos originais, novos produtos podem ser obtidos com melhorias e modificações em produtos existentes. Assim, um novo tamanho e forma de um produto já existente podem representar um novo produto. Da mesma forma, um produto já existente introduzido num novo nicho de mercado ou um novo mercado geográfico pode ser considerado um novo produto. Um produto nunca antes visto é também um novo produto, apesar de ser menos comum que os outros tipos. Os novos produtos podem ser classificados em:

- Variantes de produtos existentes*, que incluem as extensões de linha, o reposicionamento de produtos em termos de seu uso e mercado, formas novas, versões modificadas de produtos existentes, e em alguns casos a nova embalagem de produtos existentes.
- Inovativos*, que são o resultado de modificações feitas em produtos existentes gerando produtos de elevado valor agregado, sendo geralmente que um maior grau de inovação está associado a um tempo mais longo de desenvolvimento e maior custo de pesquisa.
- Criativos*, que são os produtos com existência nova, nunca antes vistos. Geralmente o tempo de desenvolvimento é bastante longo e os custos de pesquisa e desenvolvimento são elevados. A introdução de produtos criativos no mercado pode ser bastante arriscada e as chances de falhar são altas. Se o produto é bem sucedido, imitadores rapidamente invadirão o mercado, com a vantagem de não terem investido tempo e recursos no desenvolvimento e criação do produto.

Vale observar que o reprojeto de produtos existentes pode resultar em novos produtos dentro de qualquer uma das categorias anteriores.

¹ Artefato é um objeto produzido industrialmente

O desenvolvimento de produtos novos mesmo na maioria dos casos sendo difícil, custoso e sujeito a elevadas taxas de falha, é uma das maiores oportunidades que as empresas possuem para obter lucro e sobreviver. Além disto, tem-se as seguintes razões para o desenvolvimento de novos produtos: o ciclo de vida dos produtos, estratégia da empresa, mudanças de mercado, novas tecnologias e mudanças na legislação.

1.3 - CICLO DE VIDA DO PRODUTO

Cada produto possui um ciclo de vida, como o representado na figura 1.2. Através do ciclo de vida se pode visualizar os estágios ou fases pelos quais um produto passa, desde o seu desenvolvimento até o seu desaparecimento no mercado.

Nas fases iniciais (lançamento e crescimento) os custos de pesquisa e desenvolvimento, bem como os custos adicionais de promoção e penetração no mercado, fazem com que os lucros sejam negativos ou baixos. Estas fases caracterizam-se por serem períodos de investimento e risco. Ocorre um aumento dos lucros durante a fase de crescimento e, geralmente poucas empresas obtêm lucro antes desta fase. Na fase de maturidade tem-se uma estabilidade, melhor descrita como um período sem crescimento e de estagnação do mercado. A maior parte dos lucros com o produto é obtida nesta fase. Na fase seguinte, de declínio, ocorre uma diminuição nas vendas causada por fatores tais como: aumento da concorrência com novos produtos, por inovações e desenvolvimentos tecnológicos que levam o produto à obsolescência e a mudanças de hábitos nos consumidores. Normalmente nesta fase, as empresas gradativamente eliminam os canais de distribuição menos rentáveis para em seguida encerrar a produção do produto. O abandono de produtos geralmente ocorre após a fase de declínio, mas é possível em alguns casos que o produto vá diretamente da fase de crescimento para o declínio.

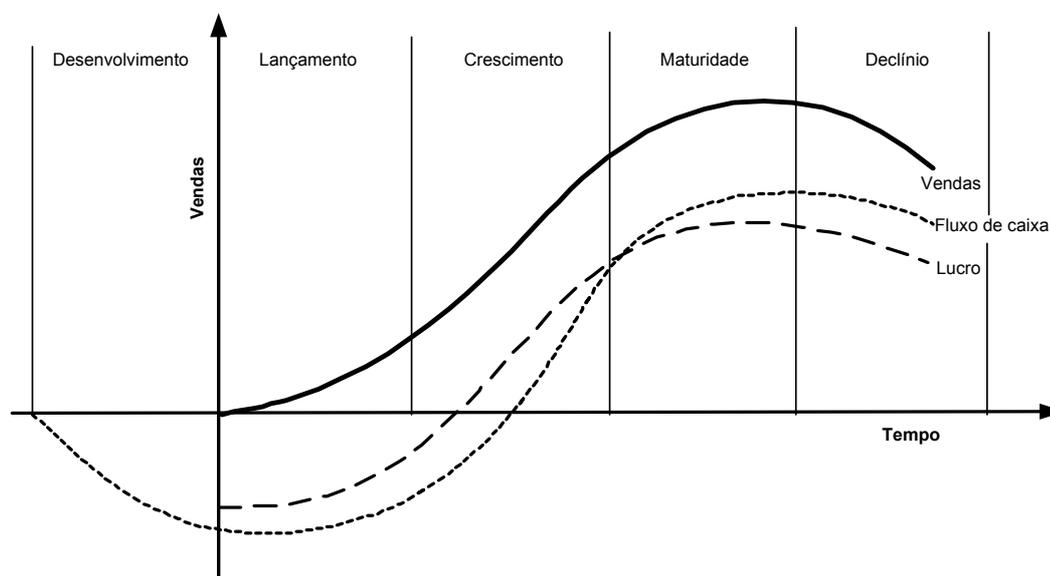


Fig. 1.2 - Ciclo de vida de um produto.

O ciclo de vida pode ser representado, de diferentes maneiras, em termos das atividades relacionadas aos estágios ou fases pelos quais um produto passa, conforme mostrado na figura 1.3 e quadro 1.1.

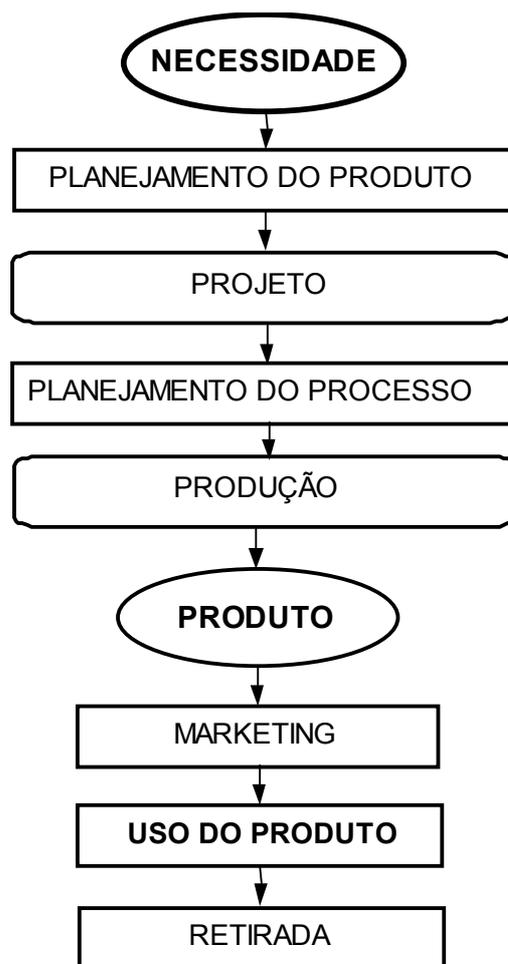


Fig. 1.3 - Ciclo de vida do produto segundo as atividades que o produto passa.

1.4 - A IMPORTÂNCIA DA FUNÇÃO PROJETO

Dentro de uma visão abrangente, no âmbito da empresa, se pode entender por função qualquer grupo de atividades realizadas conjuntamente para alcançar determinado objetivo. Assim, uma função pode ser delimitada por um único departamento, ou mesmo ser formada por vários departamentos. Dentro desta visão uma empresa pode ser representada por suas principais funções organizadas como mostrado na figura 1.4.

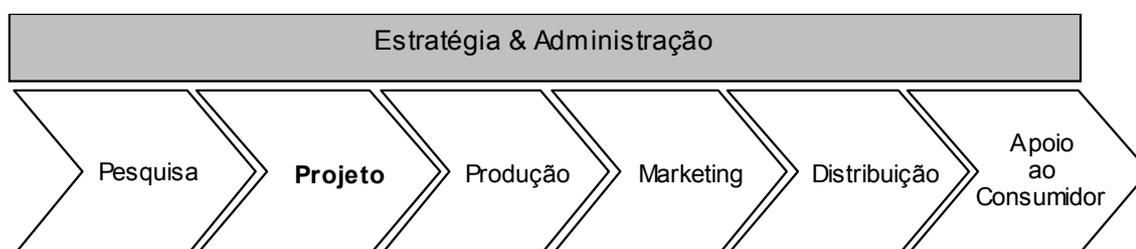


Figura 1.4 - Funções de uma empresa.

Desta forma, a atividade de projeto é vista como uma função corporativa não como uma atividade separada. As mudanças são um fato sempre presente da vida, e as mudanças no mercado irão ditar a necessidade de novos produtos na medida em que os produtos tornam-se obsoletos ou as vendas declinem. Assim, sob o ponto de vista das empresas, o projeto e o desenvolvimento de produtos tendem a transformar o papel e a posição do projetista,

alargando o espectro desta atividade de maneira muito significativa. Da mesma forma que as forças de mercado geram a necessidade para o projeto de um produto, o ato de projetar dá lugar a mudanças na empresa. O gerenciamento adequado destas mudanças acaba por determinar em muito a lucratividade de uma empresa.

A atividade de projeto é atualmente considerada como um fator chave para o sucesso das empresas no mercado. Um bom projeto não garante o sucesso do produto, mas é de fundamental importância para tal. Existe uma analogia muito forte entre projeto e qualidade, que podem ser vistos como aspectos um do outro. A percepção da qualidade por parte do consumidor é fortemente influenciada pela atividade de projeto. O direcionamento para a qualidade engloba todas as áreas funcionais de uma empresa, tanto quanto seus fornecedores, assegurando que todos interajam de modo a entenderem as necessidades de cada um. Muitas empresas adotam o conceito da “*total quality management*”, assegurando uma forte cooperação através dos contornos funcionais e organizacionais. Pelo envolvimento dos setores de Marketing, Manufatura e engenheiros de campo, desde o início do desenvolvimento de cada produto, e projetando para a efetiva manufatura, poucas mudanças serão necessárias quando o produto for lançado, favorecendo a obtenção de padrões competitivos de qualidade. Ou seja, um forte comprometimento do projeto com a produção, implica em que atrasos e surpresas podem ser evitados.

Segundo o Aurélio, a palavra projeto é a idéia que se forma de executar ou realizar algo no futuro, é um plano, um intento ou desígnio. Assim projeto do produto é um plano de um empreendimento a ser realizado, um produto, com o fim de atender uma necessidade.

O projeto do produto então pode ser formulado como uma atividade de planejar, sujeito às restrições da resolução, uma peça, uma parte ou um sistema para atender de forma ótima necessidades estabelecidas, sujeito, ainda, às restrições de solução. Entende-se aqui como restrições de resolução aquelas que se relacionam com o conhecimento disponível, o tempo, facilidades de laboratório e de computação para resolver o problema e, as restrições de solução que englobam aspectos de custos, disponibilidade de materiais, equipamentos de fabricação, de uso, manutenção e descarte. Assim, um projeto sendo sempre sujeito a certas restrições, torna a solução, em qualquer ponto no tempo, invariavelmente um compromisso

Como se pode observar, projeto do produto é um plano amplo de realizar algo, compreendendo aspectos desde a identificação de uma necessidade até o descarte, ou seu efeito no meio ambiente.

Hoje em dia estão superadas as visões econômicas tradicionais que definiam a competitividade como uma questão de preços, custos e taxas de câmbio, mas mesmo assim a fig.1-5 pode ser útil para uma análise e visão atual. Esta figura mostra que o custo do produto fica praticamente comprometido com as tomadas de decisão nas primeiras fases do ciclo de vida, isto é, até concluir o projeto detalhado. Em outras palavras, 80% do custo do produto fica comprometido com 20% da fase do projeto realizada. Isto nada mais é do que a fase de projeto conceitual concluída.

Ainda sob o enfoque do custo do produto a fig.1-6 mostra, de forma figurada num bloco de gelo, que para o consumidor, a maior parte dos custos estão abaixo da linha da água. A fig.1-7 mostra com certa semelhança os dados da fig. 1-2, mas aqui se tem dados de composição do custo do produto considerando o projeto, materiais, mão-de-obra e instalações, mas também a influência ou sombra das decisões tomadas em cada um dos setores sobre o custo do produto.

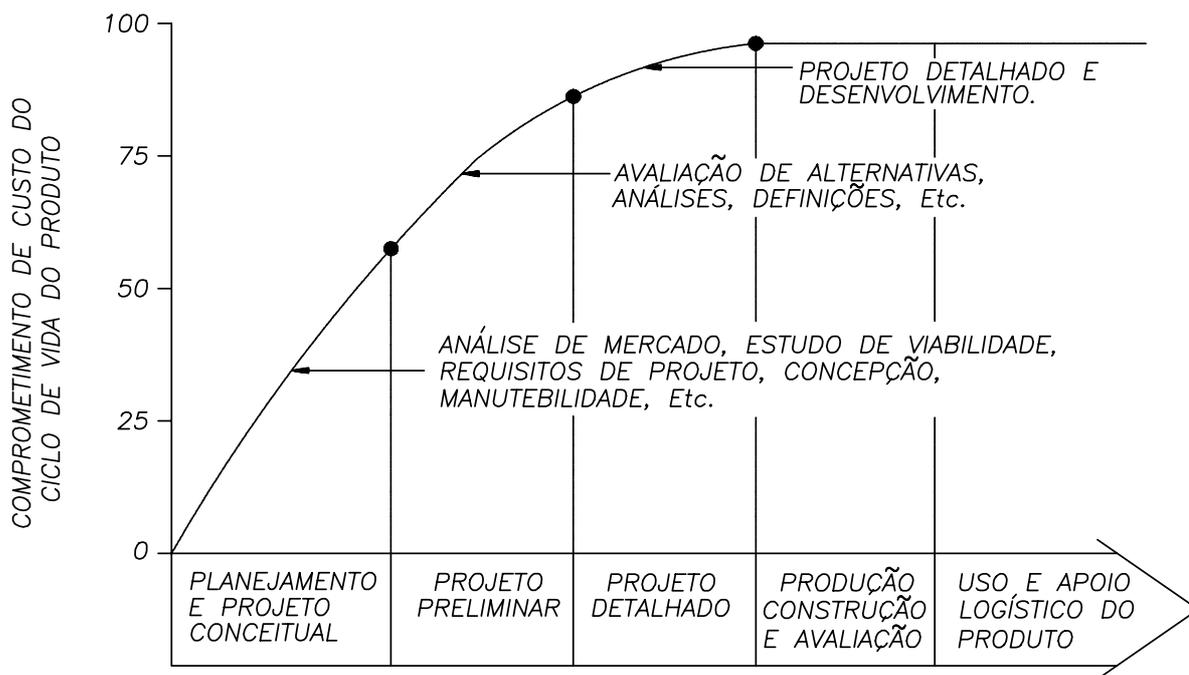


Figura 1.5 - Efeitos das diferentes fases do ciclo de vida sobre o custo do produto [1-1].

Como já foi dito as figuras 1-2 a 1- 4 mostram aspectos qualitativos de custo do produto, na sua produção ou ao longo de todo o ciclo de vida, mas de forma semelhante pode-se analisar sob uma ótica atual, considerando os conceitos de valor agregado, qualidade ou competitividade do produto, onde estas características são introduzidas, se não, fundamentalmente, no projeto e especialmente no projeto conceitual.

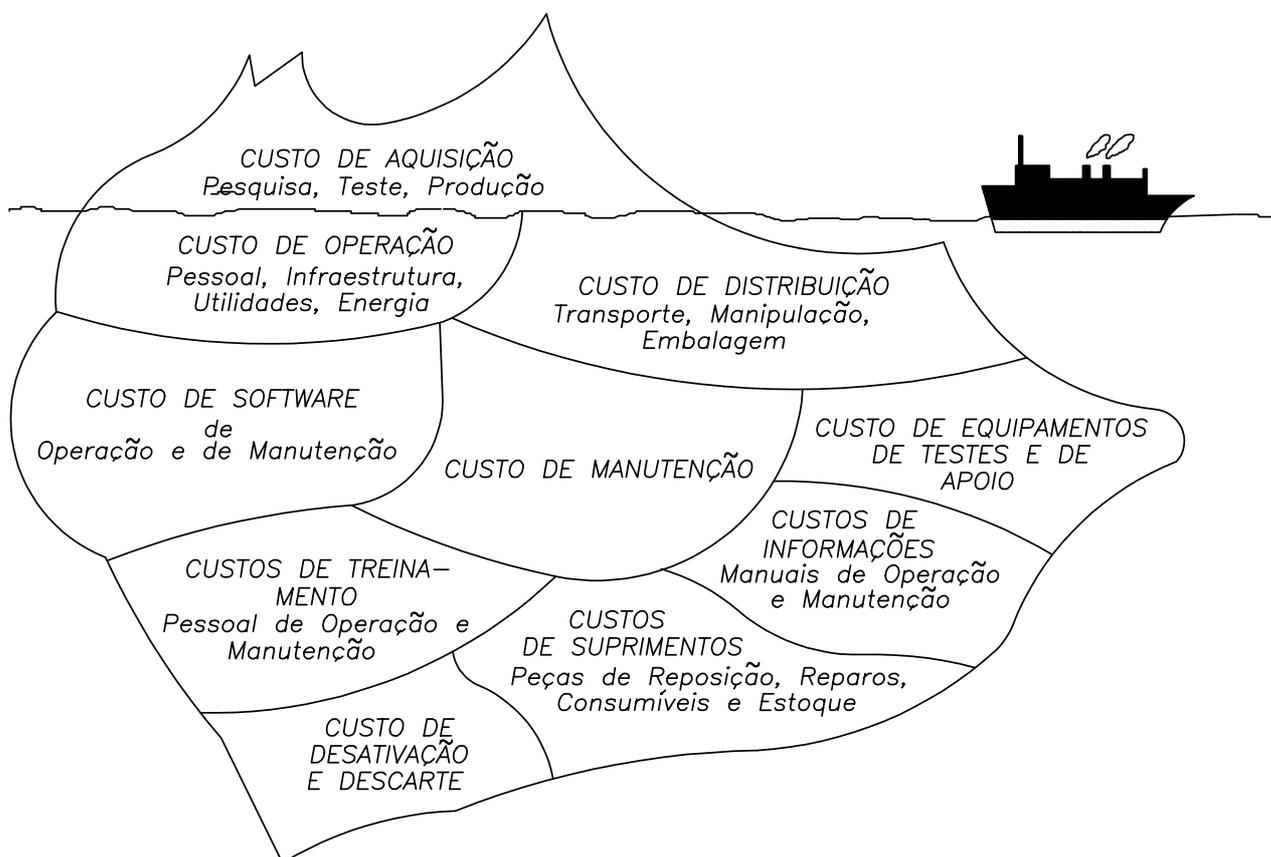


Figura 1-6. Visibilidade dos custos do ciclo de vida do produto [1-1].

geralmente as formas dos objetos são especificadas sendo primeiramente atacado o problema da determinação dos tamanhos, para em seguida serem escolhidos os materiais. Os processos de manufatura raramente são abordados. Durante os anos 60, apareceram várias obras tratando do projeto sob uma visão mais ampla, tais como Asimov ((Introduction to Design: Fundamentals of Engineering Design, 1962), Krick (An Introduction to Engineering and Engineering Design, 1965), Dixon (Design Engineering, 1966), Woodson (Introduction to Engineering Design, 1966), Cain (Engineering Product Design, 1969) e Vidosic (Elements of Design Engineering, 1969). Entretanto, por várias razões, observou-se que nos Estados Unidos pouca ênfase foi dada ao assunto projeto, tanto na educação quanto na pesquisa. Este panorama mudou fortemente a partir da publicação do relatório da ASME (American Society of Mechanical Engineers) "Goals and Priorities for Research on Design Theory and Methodology" de 1985, onde se constatou que grande parte da perda de competitividade dos produtos dos Estados Unidos era devido a baixa qualidade de projeto de seus produtos e ao pequeno esforço de pesquisa e ensino neste campo de conhecimento.

Quadro 1.1 - Ciclo de vida do consumidor ao consumidor (adaptada de [1-1])

Consumidor	Identificação da necessidade	"Faltas" ou "Desejos" por sistemas (as deficiências ou problemas se tornam evidentes através de resultados básicos de pesquisa).
Produtor	Função de planejamento	Análise de mercado; estudo da viabilidade; planejamento avançado do sistema (seleção do sistema, especificações e planos, pesquisa do plano de aquisição/projeto/produção, plano de avaliação, plano de suporte logístico e uso do sistema); revisão do planejamento; proposta.
	Função projeto	Requisitos de projeto; projeto conceitual; projeto preliminar, projeto detalhado; suporte de projeto; desenvolvimento de protótipo/modelo; transição do projeto para a produção.
	Função de produção e/ou construção	Requisitos de produção e/ou construção; análise de operações e engenharia industrial (planta de engenharia, engenharia de manufatura, engenharia de métodos, controle de produção); controle de qualidade; operações de produção.
	Função de avaliação	Requisitos de avaliação; categorias de avaliação e testes; fase de preparo dos testes (planejamento, recursos, etc.); avaliação e testes formais; coleção de dados, registro, análise, ações de correção, re-teste.
Consumidor	Função de uso e suporte logístico	Uso operacional e distribuição do sistema; elementos de suporte ao ciclo de vida e logístico; avaliação do sistema; modificações; fase externa do produto; deposição de material, reclamação e/ou reciclagem.

Isto contrasta nitidamente com as atividades desenvolvidas na Europa. Na Alemanha durante os anos 60, por exemplo, foi lançado um esforço combinado visando a melhoria da educação, pesquisa e prática de projeto. Pode-se mencionar a influência na educação em projetos por parte educadores europeus tais como: Hubka, Andreasen e Eder (Practical Studies in Engineering Design, 1988), Hubka e Eder (Engineering Design, 1992), Pahl e Beitz (Engineering Design - A Systematic Approach, 1988) e Rozenburg e Eekels (Product Design: Fundamentals and Methods, 1995) que disponibilizaram suas obras em língua inglesa.

O livro de Pahl e Beitz (1988), apresenta um tratamento bastante completo sobre o assunto. Os autores enfatizam que o projetista deve entender e clarificar o problema, trabalhar

com a mente aberta, chegando a um número de soluções em cada etapa, e avaliar e escolher antes de prosseguir para a próxima etapa. O livro cobre tópicos sobre fundamentos do projeto, planejamento do produto, clarificação da tarefa, projeto conceitual, projeto preliminar e detalhado e desenvolvimento de produtos de tamanhos seriados e modulares. O capítulo sobre projeto preliminar e detalhado (onde se busca a forma concreta para um dado conceito abstrato) inclui idéias sobre como projetar para a produção e para a fácil montagem. Cross, em seu livro *Engineering Design Methods* (1989), apresenta vários exemplos e aplicações de projeto sistemático. Roth em *Designing with Design Catalogs* (1982), apresenta uma metodologia caracterizada montagem de catálogos de projeto ou coleções de soluções, de maneira sistematizada. A norma VDI 2221 - *Systematic Approach to the Design of Technical Systems and Products*, sintetiza a filosofia alemã de projeto.

Outras obras em disponíveis em língua inglesa merecem alguns comentários. Pugh, em *Total Design* (1990), descreve o “design core” ou núcleo central de atividades e sua relação com aspectos tais como: as necessidades de mercado, especificações do produto, projeto conceitual, projeto detalhado, manufatura e marketing. Tópicos mais atuais como desdobramento da função qualidade (QFD), análise do modo de falha e efeito (FMEA) e métodos de Taguchi são também apresentados. Ullman em *The Mechanical Design Process* (1992), além de discutir os tipos de projeto e o elemento humano no projeto, aborda o processo de projeto incluindo especificações, planejamento, geração e avaliação de conceitos, projeto detalhado, avaliação, projeto para a montagem e a finalização do projeto. O livro de Ulrich e Eppinger, *Product Design and Development* (1995) aborda o ciclo completo de desenvolvimento do produto. Inclui capítulos sobre organizações, necessidades dos clientes, especificações do produto, geração e seleção de conceitos, arquitetura do produto, projeto industrial, projeto para a manufatura, prototipagem e aspectos e gerenciais e econômicos do desenvolvimento de projetos. Boothroyd, Dewhurst e Knight em seu livro *Product Design for Manufacture and Assembly* (1994), apresentam, de maneira bastante completa, considerações de manufatura no projeto, incluindo uma quantidade significativa de informações sobre custos de materiais e processos de manufatura.

Assim, a sistematização do processo de projeto, a procura para estabelecer uma metodologia de desenvolvimento do processo, não é coisa tão antiga quanto se possa imaginar. No quadro 1.2 tem-se uma visão desta evolução onde tem-se indicados as datas, o autor e as referências de publicações que podem ser considerados como marcos importantes.

Quadro 1.2 - Evolução do campo de conhecimento em projeto do produto.

Data	Autores	Referências
1962	M. ASIMOV	[1 - 3]
1965	E. V. KRICK	[1 - 4]
1966	J. R. DIXON	
1966	T. T. WOODSON	[1 - 5]
1969	W. D. CAIN	[1 - 6]
1969	J. P. VIDOSIC	[1 - 7]
1972 - 1974	G. PAHL e W. BEITZ	[1 - 8]
1976	R. KOLER	[1 - 9]
1976	W.G. RODENACKER	[1 - 10]
1977	G. PAHL e W. BEITZ (em alemão)	[1 - 11]
1977	VDI 2222	[1 - 12]
1982	K. ROTH	[1 - 13]
1985	VDI 2221	[1 - 14]
1985	ASME	[1 - 15]
1986	ASME	[1 - 16]

1987	K. M. WALLACE e C. HALES	[1 - 17]
1988	G. PAHL e W. BEITZ (em inglês)	
1988	V. HUBKA, M. M. ANDREASEN e W.E. EDER	
1989...	Diversos	[1 - 18] a [1 - 21]

1.6 - TENDÊNCIAS ATUAIS DO CAMPO DE CONHECIMENTO EM PROJETO DO PRODUTO

No quadro 1-2 já foi mostrado que a partir dos meados da década de 80, surgiu uma avalanche de novos termos, conceitos, preocupações ou siglas. Para citar alguns exemplos, traduzidos para o português e com as siglas de origem tem-se:

- projeto para o ciclo de vida do produto, DFCL;
- projeto para o mercado;
- projeto para custo, DFC;
- desenvolvimento integrado do produto, IPD;
- engenharia concorrente, CE;
- engenharia simultânea, SE;
- projeto para a qualidade, DFQ;
- projeto para competitividade, DFC;
- projeto para manufatura, DFM;
- projeto para montagem, DFA;
- projeto para meio ambiente, DFE;
- projeto para manutenibilidade,
- reengenharia, RE, etc...

Assim poder-se-ia prolongar por muito tempo os nomes e siglas que provavelmente encheria mais de uma página.

Dentro destes conceitos o importante é destacar duas linhas principais de pensamento. A primeira é que o projeto deve ser elaborado tendo por preocupação todas as fases por que passa o produto, isto é, desde a identificação das necessidades até o descarte. Nesta linha pode-se enquadrar siglas tais como: DFCL, DFQ e DFC. A segunda linha é quanto ao processo de desenvolvimento do produto, no que se refere a multidisciplinaridade, integração de equipes e simultaneidade de atividades de desenvolvimento, onde cabem as siglas: IPD, CE e SE. A fig.1-8 ilustra a segunda linha de pensamento e procedimento.

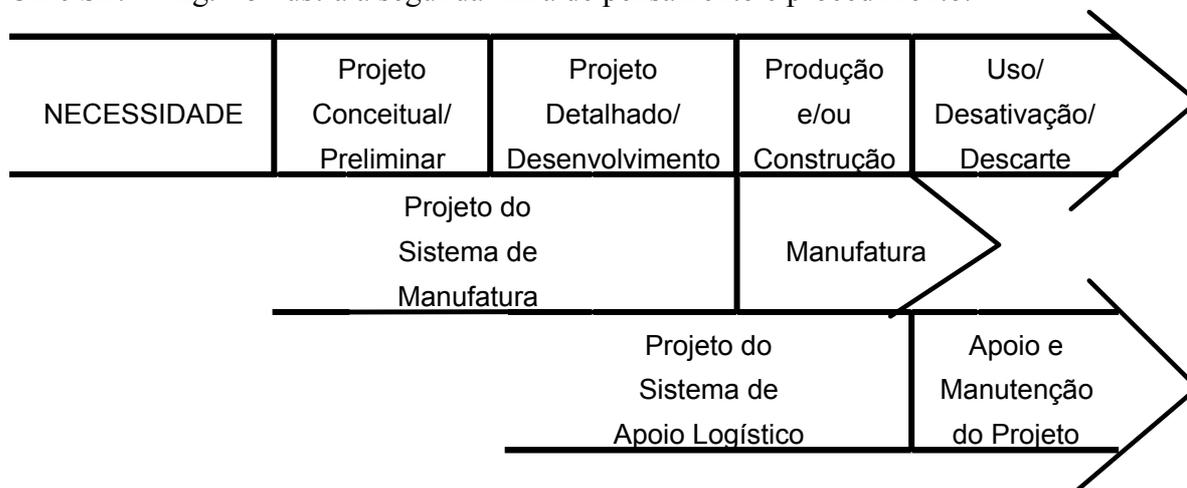


Fig. 1-8. Engenharia simultânea: ciclos de vida do produto, do processo e do apoio logístico.

Outras siglas, como por exemplo, DFM, DFA e DFE são técnicas ou princípios de projeto para adequar o produto para uma determinada etapa do processo de desenvolvimento ou uma determinada qualidade.

Outra visão rica em novos termos ou siglas é quando se enfoca o meio computacional ou o uso do computador no processo de produção, onde se tem então siglas tais como: CAD, CAE, CAM, CIM e ES. Este último ES, sistemas especialistas para projeto, é um campo fértil de desenvolvimento e de pesquisa.

Todas estas técnicas, princípios, procedimentos e ferramentas têm o mesmo objetivo que é o desenvolvimento de produtos de qualidade sob todos os aspectos, num período curto ou que seja competitivo. Havendo esta preocupação, especialmente, no início do processo pode-se evitar o efeito escala, mostrado na fig.1-9, onde se mostra o fator multiplicador de custo de possíveis mudanças necessárias no produto, se a qualidade desejada não foi alcançada.

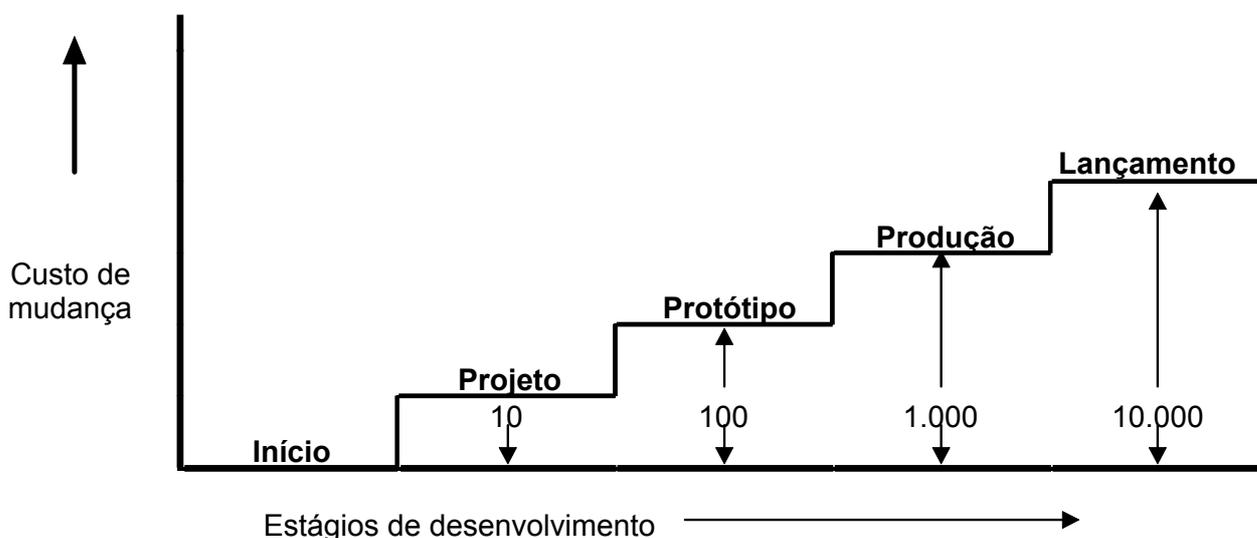


Figura 1.9 - Efeito de escala de custos de mudanças do produto nos diversos estágios de desenvolvimento [1-20].

De acordo com a referência [1-21] de um levantamento efetuado junto a empresas americanas, mundialmente reconhecidas como competitivas, incluindo a Xerox, Polaroid, Ford, Hewlett-Packard, Carrier e a GE, as correntes melhores práticas de desenvolvimento do produto são como as relacionadas a seguir:

- obtenção e consideração, de novas e melhoradas idéias de produtos e processos, de consumidores, de colaboradores e de mercado. Este processo é facilitado e apoiado por contínuo fluxo de informações de novas metodologias, materiais e tecnologias;
- seleção de novas idéias para estudos preliminares relativos ao projeto, potencial de mercado, fabricação, custos e estratégias da empresa;
- engenharia simultânea usando equipes multifuncionais para obtenção da integração da função do produto, dos processos de manufatura, aspectos de mercado e outras considerações do ciclo de vida, durante o processo de desenvolvimento do produto;
- pontos e critérios de decisão e participantes de decisões muito bem definidos, durante o processo de desenvolvimento do produto;
- uso intensivo da computação no desenvolvimento de protótipos e de métodos e tecnologias de simulação, CAD, modelamento sólido e modelamento de montagem;
- constante pesquisa visando a substituição de materiais;
- comprometimento total da empresa por qualidade, custo e prazos de lançamento do produto no mercado;

- especial atenção para o controle de processos visando alta qualidade ao produto;
- especial atenção para tolerâncias;
- estabelecimento e contínuo refino das medidas da qualidade do produto e da performance do projeto e dos processos de manufatura;
- ênfase na integração de sistemas de tecnologias mecânicas, eletrônicas, ópticas e da computação;
- uso, ao máximo possível, de concepções baseadas em custos e;
- outras metodologias e tecnologias específicas tais como:
 - projeto para manufatura
 - projeto para montagem
 - projeto para manutenibilidade
 - projeto para confiabilidade
 - projeto para segurança
 - projeto para apoio logístico
 - projeto para etc, etc.,
 - desdobramento da função qualidade
 - método Taguchi
 - equipes multifuncionais
 - método dos elementos finitos

1-5. REFERÊNCIAS

- 1.1. B. S. BLANCHARD and W. J. FABRYCKY. Systems Engineering and Analysis. Prentice - Hall, 1990.
- 1.2. N. BACK. Metodologia de Projeto de Produtos Industriais. Guanabara Dois, 1983.
- 1.3. M. ASIMOV. Introduction to Design: Fundamentals of Engineering Design. Prentice - Hall, 1962.
- 1.4. E. V. KRICK. An Introduction to Engineering and Engineering Design. John Wiley & Sons, 1965.
- 1.5. T. T. WOODSON. Introduction to Engineering Design. McGraw - Hill, 1966.
- 1.6. W. D. CAIN. Engineering Product Design. London Business Books Ltd., 1969.
- 1.7. J. P. VIDOSIC. Elements of Design Engineering. The Ronald Press, 1969.
- 1.8. G. PAHL und W. BEITZ. Série de 36 artigos. "Für der Konstruktions Praxis". Publicados na revista Konstruktion de 1972 a 1974.
- 1.9. R. KOLLER. Konstruktionslehre für der Maschinen, Geräte und Apparatebau. Springer Verlag, 1976, 2ª edição, 1985.
- 1.10. W. G. RODENACKER. Methodisches Konstruieren. Springer Verlag, 1976. (4ª edição 1991).
- 1.11. G. PAHL und W. BEITZ. Konstruktionslehre. Springer Verlag, 1977 (3ª edição 1993).
- 1.12. VDI 2222. Konstruktionsmethodik: Konzipieren Technischer Produkte, 1977.

- 1.13. K. ROTH. Konstruieren mit Konstruktions Katalogen. Springer Verlag, 1982.
- 1.14. VDI 2221. Methodik zum Entwickeln und Konstruieren Technischer Systeme und Produkte, 1985.
- 1.15. ASME REPORT. Goals and Priorities for Research on Design Theory and Methodology. National Science Foundation, 1985.
- 1.16. ASME RESEARCH. Design Theory and Methodology - A new Discipline. Mechanical Engineering. August, 1986. pp. 23-27.
- 1.17. K. M. WALLACE and C. HALES. Some Applications of a Systematic Design Approach in Britain. Konstruktion. 39 (1987) H.7. pp. 275-279.
- 1.18. J. L. NEVINS and D. L. WHITNEY. Concurrent Design of Products and Processes. McGraw - Hill, 1989.
- 1.19. S. PUGH. Total Design. Addison - Wesley, Wokingham, 1991.
- 1.20. P. G. SMITH and D. G. REINERTSEN. Developing Products in Half the Time. Van Nostrand Reinhold, 1991.
- 1.21. B. HUTHWAITE. Design for Competitiveness. Institute for Competitive Design. USA, 1992.
- 1.22. J. R. DIXON. New Goals for Engineering Education. Mechanical Engineering. March 1991. pp. 56 - 62.
- 1.23. L. COUTINHO e J. C. FERRAZ. Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira. Editora Papirus, 1994.
- 1.24. W. G. DOWNEY. Development Cost Estimating. Report of the Steering Group for the Ministry of Aviation. Inglaterra, 1969.
- 1.25. M. M. ANDREASEN. Methodical Design by New Procedures. International Conference on Engineering Design - ICED 91, pp. 165-170.