

# O caráter integrativo das ferramentas para o desenvolvimento de produtos

Marcelo Farhat de Araujo (ITA) [m.f.araujo@terra.com.br](mailto:m.f.araujo@terra.com.br)  
Luís Gonzaga Trabasso (ITA) [gonzaga@ita.br](mailto:gonzaga@ita.br)

## Resumo

*Os estudos para o aprimoramento do processo de desenvolvimento de produtos (PDP) têm apontado como uma das estratégias mais promissoras o incremento de seu caráter integrativo, o que resulta em prevenção de falhas, eliminação de retrabalho e redução do ciclo de desenvolvimento. Este aprimoramento é essencial para aumentar a competitividade das organizações e promover o crescimento econômico.*

*Na literatura são encontradas diversas ferramentas do PDP, tais como: QFD, DFX, FMEA e EBC com conceitos, enfoques e resultados diferenciados, o que dificulta a tarefa dos gestores de escolher o melhor modelo para seu processo de desenvolvimento de produtos.*

*Neste artigo é analisada a natureza do caráter integrativo necessário à melhoria do processo de desenvolvimento de produtos e é apresentado um critério estruturado e ponderado que possibilita a avaliação e comparação de diversas ferramentas utilizadas na promoção desta integração.*

*Os resultados alcançados evidenciam os pontos fortes e fracos das ferramentas analisadas e permitem a identificação de conjuntos de ferramentas complementares. As informações obtidas desta análise são importantes para os responsáveis pela gestão dos processos de desenvolvimento de produtos, auxiliando-os na escolha do conjunto de ferramentas mais adequado ao processo particular de desenvolvimento de produtos de sua organização.*

*Palavras chave: Desenvolvimento integrado de produtos, caráter integrativo, qualidade no desenvolvimento de produtos.*

## 1. Introdução

Desenvolver, fabricar e disponibilizar produtos ao mercado é função essencial de qualquer organização, pois define a forma que o valor percebido pelo cliente será transformado em bens e serviços economicamente efetivos. A alta eficácia nestes processos é uma vantagem competitiva claramente identificada pela maioria das instituições; neste sentido, inúmeras pesquisas têm sido realizadas para investigar as melhores práticas no desenvolvimento de produtos, cujos resultados sustentados pela maioria dos autores identificam a integração do processo de desenvolvimento de produtos como um dos mais importantes pilares para seu aprimoramento, como evidenciado por McGrath (1996) e Blanchard (1998).

Os benefícios da integração do processo de desenvolvimento de produtos podem ser percebidos na melhoria dos resultados das empresas nas seguintes áreas:

- Aumento do retorno do investimento no ciclo de vida do produto (CVP) e maior penetração no mercado;
- Lançamento de produtos de maior qualidade e que melhor atendem às necessidades do mercado;
- Aumento geral da eficiência do PDP, com redução do ciclo de desenvolvimento, racionalização de recursos e redução de retrabalho.

Com a intenção de promover a integração deste processo, vários métodos e ferramentas foram desenvolvidos a partir de conceitos, situações e enfoques diversos, ou seja, traduzindo o caráter integrativo conforme a necessidade premente. Esta abordagem resultou na criação de inúmeras ferramentas com objetivos similares, porém com forma, aplicação e abrangência diferenciadas que permitem aos gestores dos processos de desenvolvimento de produtos a escolha do melhor conjunto de ferramentas para suas operações específicas. Entretanto, conforme salientado por Araujo (1997), esta escolha é uma tarefa complexa e árdua, que pode tornar-se infrutífera se os objetivos a serem atingidos não estiverem claramente definidos. Portanto a estruturação e a identificação do caráter integrativo das ferramentas para o desenvolvimento de produtos pode auxiliar a correta compreensão dos benefícios e limitações associados a esta escolha.

## 2. O caráter integrativo no PDP

Não existe consenso sobre a definição do caráter integrativo no desenvolvimento de produtos; assim, a estruturação do caráter integrativo apresentada neste artigo foi elaborada a partir dos resultados obtidos na integração do processo de DP e nas características essenciais do Desenvolvimento Integrado de Produtos (DIP). Para tanto, são apresentadas algumas de suas definições:

“Um método sistemático e multidisciplinar que integra simultaneamente diferentes fases dos processos de desenvolvimento de produto e de seu gerenciamento. Estes processos incluem a identificação das necessidades dos clientes, a especificação dos requisitos de desempenho do produto, o projeto do produto e de seu processo de fabricação, considerando seu ciclo completo de vida...” (HOOVER, 1991).

Esta definição é complementada por King (1996): “Ferramentas para o desenvolvimento integrado de produtos visam aumentar a concomitância do projeto permitindo que times de projetistas comuniquem-se remotamente e compartilhem informações em uma base de dados comum”.

Propõe-se para avaliação do caráter integrativo, uma estrutura hierarquizada, onde este caráter seja desdobrado em categorias que expressem as características essenciais do DIP e os resultados alcançados com sua implantação. Subseqüentemente estas categorias devem ser desdobradas em objetivos, e estes, associados a critérios de avaliação para análise das ferramentas utilizadas para a integração do processo de DP.

Com base nas definições do DIP e nos benefícios de sua implantação apresentados por McGrath (1996) foram identificadas as seguintes categorias para descrição do caráter integrativo: **envolvimento de equipe multifuncional**; **gestão dos requisitos do produto**; **antecipar e eliminar problemas** e **resultados** cujas definições apresentadas a seguir.

**Envolvimento de equipe multifuncional:** Incorpora as ações de interação entre as equipes que participam do ciclo de vida do produto, seu aprendizado e as oportunidades de inovação.

**Gestão dos requisitos do produto:** Compreende o estabelecimento, análise, validação, comunicação e relacionamentos dos requisitos completos do produto.

**Antecipar e eliminar problemas:** Contempla, além das atividades que visam à antecipação de fases futuras do ciclo de vida do produto, a prevenção de falhas e a análise de configurações factíveis do produto com o objetivo de eliminar desperdícios.

**Resultados:** Reúne os benefícios do desenvolvimento integrado de produtos, tais como: as reduções do ciclo de desenvolvimento de produtos, de retrabalho, de falhas e de custo e o aumento da satisfação do cliente.

As categorias acima descritas foram desdobradas em sub-níveis, apresentados em forma de árvore, conforme a Figura 1, que inclui os respectivos fatores de ponderação.

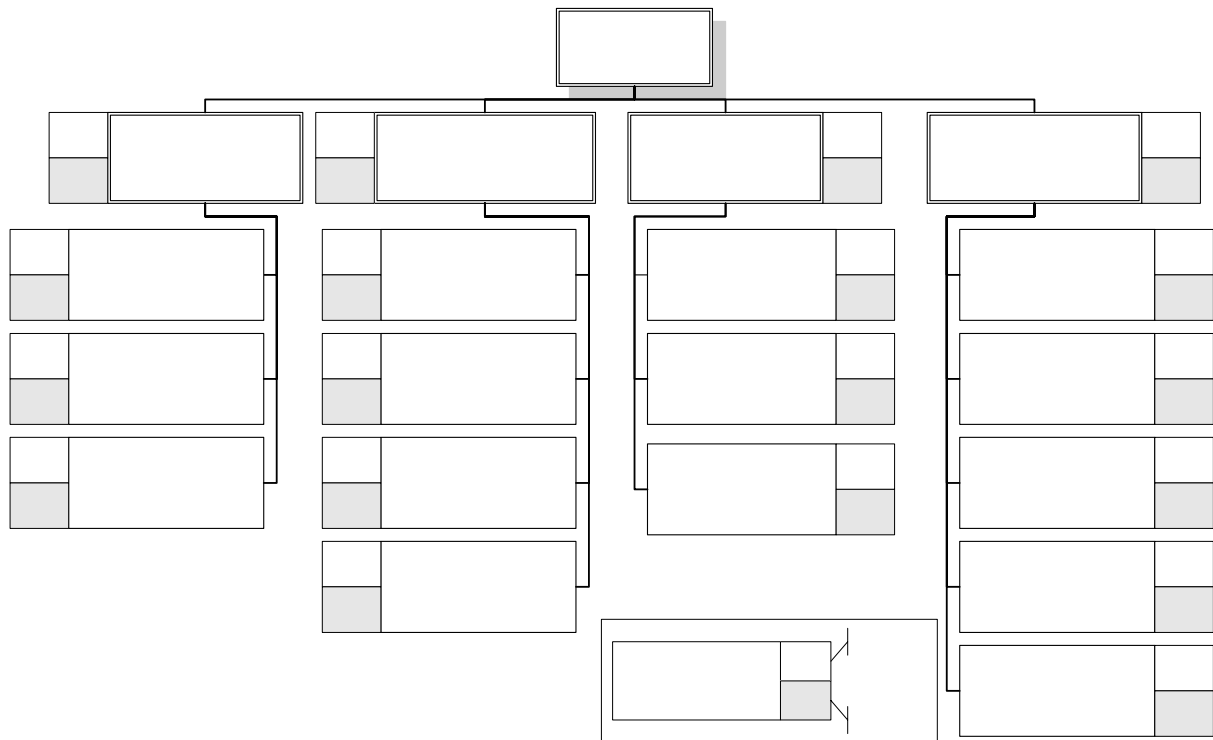


Figura 1 – Caráter Integrativo e Árvore de objetivos ponderados

A escolha dos pesos para ponderação dos objetivos e a determinação dos critérios de avaliação geralmente são realizadas pela equipe de projeto a partir do conhecimento adquirido em projetos passados. Desta forma são atribuídas as importâncias relativas entre os objetivos e determinados os graus de atendimento e respectivas pontuações para formação dos critérios de avaliação. Neste artigo os pesos e critérios foram definidos com base na experiência acadêmica e profissional dos autores em diversas aplicações no ambiente de desenvolvimento de produtos. Na Tabela 1 são apresentados os critérios de avaliação utilizados para analisar o desempenho das ferramentas DIP em relação aos objetivos.

Item	Objetivo	Critérios de avaliação				
		Inadequado 1	Fraco 2	Satisfatório 3	Bom 4	Excelente 5
1.1.1	Promover a interação entre áreas	Outras áreas não são envolvidas	Algumas áreas envolvidas	Todas as áreas envolvidas de forma não sistemática	Algumas áreas envolvidas de forma sistemática	Todas as áreas envolvidas de forma sistemática
1.1.2	Promover o aprendizado da equipe	Não aplicável	Auxilia o treinamento	Histórico parcial de projetos e Auxilia o treinamento.	Histórico de projetos e Auxilia o treinamento.	Histórico de projetos e Auxilia o treinamento.
1.1.3	Facilitar a Inovação	Não aplicável	Redução parcial do trabalho repetitivo	Redução parcial do trabalho repetitivo e auxilia processo criativo	Redução de trabalho repetitivo e auxilia processo criativo	Sistematiza processos repetitivos e conduz processo criativo
1.2.1	Estabelecer requisitos completos	Requisitos definidos somente pelo responsável pelo desenvolvimento	Requisitos definidos são analisados criticamente	Requisitos estabelecidos para algumas fases do CVP	Requisitos estabelecidos são acordados	Requisitos estabelecidos e acordados para todas as fases do CVP

Item	Objetivo	Critérios de avaliação				
		Inadequado	Fraco	Satisfatório	Bom	Excelente
		1	2	3	4	5
1.2.2	Analisar e validar os requisitos	Requisitos analisados validados somente pelo responsável pelo desenvolvimento	Requisitos definidos são analisados criticamente por comitê multifuncional	Requisitos validados por alguns responsáveis pelas fases do CVP	Requisitos validados com a participação dos responsáveis por todas as fases do CVP	Requisitos estabelecidos e validados com a participação de todos
1.2.3	Comunicar os requisitos de forma eficaz	Requisitos comunicados sequencialmente	Algumas áreas participam da análise dos requisitos estabelecidos	Todas as áreas participam da análise requisitos estabelecidos	Algumas áreas participam da elaboração e revisão dos requisitos	Todos participam da elaboração e revisão dos requisitos
1.2.4	Relacionar requisitos, projeto, fabricação e controle.	Requisitos não são relacionados	Relacionamento indireto dos objetivos	Relacionamento somente dos requisitos com o projeto	Relacionamento completo dos objetivos de forma não sistemática	Relacionamento completo dos objetivos de forma sistemática
1.3.1	Antecipar para a fase de projeto ações da fase final do CVP	Projeto elaborado de forma sequencial	Verifica se as necessidades dos clientes são atendidas	Algumas fases do CVP são analisadas no momento de projeto	Todas fases do CVP são analisadas no momento de projeto	Todas fases do CVP analisadas no momento de projeto, forma sistemática
1.3.2	Eliminar problemas de forma preventiva	Projeto elaborado de forma sequencial	Ferramentas de análise e prevenção de falhas são utilizadas isoladamente	Utilização integrada de ferramentas de prevenção, não sistematiza a aplicação.	Ferramentas de análise e prevenção de falhas são utilizadas integradas	Foco sistemático na eliminação de falhas de forma preventiva
1.3.3	Analisar propostas de configurações	Não permite análise de configurações	Não prevê análise de configurações, embora permita.	Não aplicável	Recomenda a análise de várias configurações	Sistematiza a análise de várias configurações
1.4.1 a 1.4.5	Resultados	Não afeta o resultado	Pequena contribuição ao resultado	Contribui para o resultado	Forte contribuição ao resultado	Contribui decisivamente para o resultado

Tabela 1 – Critérios de avaliação utilizados

### 3. Ferramentas para o desenvolvimento integrado de produtos

“Ferramentas de suporte ao desenvolvimento de produtos são entendidas como um meio artificial disponível a organizações de manufatura (e aos indivíduos nela inseridos) com o objetivo de auxiliar o entendimento, a definição, a execução ou o controle de tarefas e atividades; e a solução de problemas no contexto do desenvolvimento de produtos”.(ARAÚJO, 2001).

A seguir são apresentados os benefícios e limitações das ferramentas analisadas na integração do processo de desenvolvimento de produtos, identificados na literatura e ao longo da experiência acadêmica e profissional dos autores.

#### Tecnologia de Grupo – (BARTON, 2002)

A tecnologia de grupo proporciona grande redução de retrabalho e de falhas, pois o agrupamento de peças similares permite que o projetista utilize o conhecimento adquirido em projetos anteriores e utilize soluções previamente testadas sempre que apropriado. Conseqüentemente é verificada alguma redução do tempo de desenvolvimento. Entretanto a tecnologia de grupo não sistematiza um processo para garantia da satisfação do cliente.

### **Projeto axiomático – (DEO & SUH, 2004)**

A proposição básica do projeto axiomático, na qual o cumprimento dos axiomas conduz a um projeto otimizado, contém, implicitamente, a percepção de prevenção de falhas, portanto sua grande força está na definição e análise do conjunto de requisitos do produto ainda nas fases iniciais do desenvolvimento e em sua contínua verificação. Alguma redução de custo no ciclo completo de desenvolvimento é esperada e também o aumento da satisfação do cliente uma vez que os produtos desenvolvidos apresentam um maior grau de otimização. Entretanto o projeto axiomático não faz diretamente a ligação entre o projeto e a manufatura.

### **Projeto voltado à manufatura (DFM – Design for Manufacture e DFA – Design for Assembly) – (HUANG, 1996).**

O projeto voltado à manufatura visa integrar o planejamento do processo de fabricação ao desenvolvimento do produto. A utilização destas técnicas pressupõe a participação sistemática das equipes de desenvolvimento do produto e do processo de fabricação o que promove uma re-alimentação eficiente dos requisitos para acomodar as necessidades industriais ainda na fase conceitual do desenvolvimento do produto. Esta integração contribui para redução do custo total do CVP e do tempo de desenvolvimento, pois elimina ciclos de retrabalho, geralmente realizados para facilitar a produção em série após seu início, e possíveis atrasos originados quando os recursos atuais de produção não são considerados no momento de projeto.

### **Projeto Robusto de Taguchi – (ROSS, 1996)**

O projeto robusto por parâmetros é uma técnica utilizada para otimizar o projeto do produto tornando-o robusto ao efeito de ruídos externos. Esta técnica sistematiza o estudo de possíveis configurações do produto de forma a identificar o melhor conjunto de parâmetros que maximiza o uso da energia disponível no sistema para a realização das funções desejadas (cumprimento dos requisitos funcionais).

Diversas áreas da organização são envolvidas na determinação dos parâmetros e requisitos importantes para o desempenho do produto cuja otimização provê um foco sistemático na prevenção de falhas, que contribui para a redução do ciclo de desenvolvimento, do retrabalho e do custo do CVP. O aumento da satisfação do cliente também pode ser percebido uma vez que a disponibilização de produtos robustos melhora seu desempenho frente aos agentes agressivos do meio (ruídos).

### **Desdobramento da função qualidade (QFD) – (AKAO, 1997)**

O QFD relaciona os requisitos do cliente com o projeto e a fabricação do produto. Sua aplicação completa requer a participação de diversas áreas organizacionais para identificar desde as necessidades dos clientes e requisitos até seus relacionamentos com o processo de fabricação e com as operações de manufatura, promovendo um alto grau de interação entre as equipes e a sistematização do registro, comunicação e verificação dos requisitos.

O QFD antecipa as necessidades de diversas fases do ciclo de vida do produto e prioriza os seus componentes e processos mais importantes. Guia as atividades de desenvolvimento, reduzindo o tempo de projeto, entretanto não sistematiza métodos para prevenção de falhas e não apresenta enfoque sistemático no controle de custo.

### **Projeto orientado ao custo (Design to cost – DTC) – (FERREIRA, 2000).**

O projeto orientado ao custo (DTC) tem o objetivo de adequar o custo do produto aos requisitos do mercado. As ações de avaliação e otimização do custo obrigam a integração das áreas repensáveis pelo projeto e fabricação dos itens sob análise garantindo que os requisitos de custo sejam considerados no desenvolvimento do produto.

### **Análise dos modos e efeitos das falhas (FMEA) – (DOD, 1980)**

FMEA é uma ferramenta analítica que visa a identificação e classificação de falhas potenciais do produto com o objetivo de orientar as ações de prevenção. Embora a análise (FMEA) possa ser realizada por uma equipe específica seus resultados somente são plenamente atingidos quando as informações obtidas são disseminadas e realimentadas pelas demais áreas da empresa sistematizando o processo de prevenção de falhas.

### **Engenharia baseada no conhecimento (EBC) – (SCACCHI, 1997)**

A EBC consolida a memória de grupo da empresa através da captura e sistematização do conhecimento tecnológico utilizado para projetar o produto, com o objetivo de aumentar a satisfação dos clientes, a eficiência das atividades repetitivas e liberar a força de trabalho para tarefas criativas. A sistematização das atividades obriga a integração de todas as áreas envolvidas nos processos analisados e antecipa as interações de forma que as atividades de verificação do projeto sejam realizadas no instante de sua execução o que evita a necessidade de retrabalhos futuros.

### **Quadro comparativo do caráter integrativo das ferramentas DIP**

Os resultados apresentados na Tabela 2 permitem inferir o caráter integrativo de cada ferramenta (escala de 1 a 5) através do grau obtido pela soma ponderada das notas atribuídas a cada ferramenta, a partir dos critérios de avaliação apresentados na Tabela 1 e dos dados consolidados sobre as ferramentas apresentados anteriormente.

<b>Objetivo</b>		<b>Peso</b>	<b>T. G.</b>	<b>Axiom</b>	<b>DFMA</b>	<b>Taguchi</b>	<b>QFD</b>	<b>DTC</b>	<b>FMEA</b>	<b>KBE</b>
1.1.1	Promover a interação	0,10	4	2	4	4	5	3	4	5
1.1.2	Promover o aprendizado	0,05	4	3	5	4	5	4	5	5
1.1.3	Facilitar a Inovação	0,05	2	3	4	3	4	3	3	5
1.2.1	Requisitos completos	0,04	1	4	3	2	4	2	2	4
1.2.2	Validar os requisitos	0,04	3	3	3	3	4	3	2	4
1.2.3	Comunicar os requisitos	0,07	2	4	4	2	4	2	2	5
1.2.4	Relacionar Requisitos	0,05	4	3	4	3	5	2	5	5
1.3.1	Antecipar fases do CVP	0,09	3	3	3	3	4	2	3	4
1.3.2	Ação preventiva	0,04	2	2	4	5	3	1	5	3
1.3.3	Analisar configurações	0,07	1	4	5	5	4	5	4	5
1.4.1	Reduzir o ciclo	0,08	3	3	4	3	5	3	2	5
1.4.2	Reduzir retrabalho	0,07	3	3	5	4	4	2	4	5
1.4.3	Reduzir falhas	0,07	3	3	4	5	3	2	5	3
1.4.4	Reduzir custo	0,08	3	3	4	3	2	5	3	4
1.4.5	Satisfação do cliente	0,10	1	3	2	3	5	4	3	3
<b>Caráter Integrativo (escala de 1 a 5) ➔</b>			<b>2,6</b>	<b>3,0</b>	<b>3,8</b>	<b>3,5</b>	<b>4,1</b>	<b>3,0</b>	<b>3,4</b>	<b>4,3</b>

Tabela 2 – Caráter integrativo das ferramentas para o desenvolvimento de produtos.

Um dos resultados mais interessantes desta análise é a identificação dos pontos fortes e fracos de cada ferramenta, o que possibilita uma comparação mais precisa entre elas e permite a associação de ferramentas complementares. É apresentado a seguir, um exemplo onde o aprimoramento da aplicação do QFD pode ser atingido com sua utilização conjunta de duas outras ferramentas.

#### 4. Estudo de caso: conjugação de ferramentas

O QFD é uma ferramenta amplamente utilizada no apoio ao desenvolvimento integrado de produtos, muitos são os casos relatados na literatura, desde seus primórdios na indústria automobilística japonesa até sua expansão mundial com aplicações, inclusive, em áreas diversas do desenvolvimento de produtos (AKAO, 1997).

Entretanto, a análise do quadro comparativo possibilitou a identificação das limitações desta ferramenta (redução de custo e eliminação de falhas de forma preventiva) e propiciou a análise de oportunidades de melhoria, através do relacionamento com outras ferramentas cujos pontos fortes foram verificados nestes quesitos, conforme pode ser observado na Tabela 3.

Oportunidade de melhoria	Ferramentas apropriadas
Redução de custos	DTC, DFMA, EBC.
Eliminar problemas de forma preventiva	Projeto robusto de Taguchi, FMEA, DFMA.

Tabela 3 – Oportunidades de melhoria do QFD.

A utilização do QFD em conjunto com o DTC sistematiza a obtenção de custos meta para as partes do produto de forma a promover o balanceamento entre o custo destas partes com o respectivo valor atribuído pelo cliente às funções do produto.

A execução da FMEA, como forma de identificar a criticidade das falhas das partes do produto, permite a inclusão de um fator de importância técnica no critério de passagem das partes do produto que serão analisados na terceira matriz do QFD. Destarte, as partes de maior criticidade (risco de falha associado) serão prioritariamente desdobradas na terceira matriz do QFD onde seu processo de fabricação será mapeado e controlado com a intenção de evitar falhas futuras.

Este resultado está coerente com a abordagem proposta por Loreiro (1994), onde a segunda matriz do QFD (Matriz de Desdobramento das Partes) inclui:

- Análise do valor das funções e partes do produto em relação ao valor para o cliente,
- Análise de criticidade dos modos de falha das partes do produto, como critério de filtragem e priorização das partes mais críticas do produto.

#### 5. Conclusão

Foi ressaltado neste artigo que inúmeros métodos e ferramentas disponíveis na literatura se propõem a executar a integração do PDP, porém a identificação correta da ferramenta ou conjunto de ferramentas mais adequado depende da investigação de seu caráter integrativo, da aplicação e dos resultados esperados. Para este fim, foi mostrado que a utilização de uma abordagem estruturada, como a árvore de objetivos ponderados, possibilita a elaboração de um critério objetivo para avaliação do caráter integrativo das ferramentas para o desenvolvimento de produtos. Adicionalmente, a base de dados criada é importante para os responsáveis pelos processos organizacionais de desenvolvimento de produtos, pois permite a identificação dos pontos fortes e fracos associados a cada ferramenta e a identificação de conjuntos de ferramentas mais adequados a aplicações específicas, onde a conjugação de ferramentas complementares pode resultar em ferramentas mais eficientes e eficazes.

## Referências

- AKAO, Y. (1997), *QFD: Past, Present, and Future*, International Symposium on QFD '97 – Linköping.
- ARAUJO, C.S. (1997), *Avaliação e Seleção de Ferramentas de Desenvolvimento de Produtos*. 3º Congresso Internacional de Engenharia Industrial - ENEGEP'97. Gramado, Brasil.
- ARAUJO, C.S. (2001), *Acquisition of product development tools in industry: a theoretical contribution*, Ph.D Thesis, Technical university of Denmark, Lyngby, Denmark.
- BARTON, J. A., LOVE, D. M. (2002), *Development issues for a practical design retrieval system based on automatic coding*, Proc. Int. Manufacturing Conference, Belfast.
- BLANCHARD, Benjamin S. (1998) – *System Engineering Management*, John Wiley & Sons, 2ª Edição, New York.
- DEO, H., SUH, N. (2004), *Axiomatic design of customizable automotive suspension*, Third International Conference on Axiomatic Design( ICAD), Seoul.
- DEPARTMENT of Defense, (1980), *MIL-STD-1629A – Procedures for Performing a Failure Mode Effects and Criticality Analysis*, Department of Defense, Washington DC.
- FERREIRA, C. V., et alli. (2000), *Estimativa de custos de produtos segundo as abordagens do design to cost e do design to minimum cost*, 2º Congresso brasileiro de gestão de desenvolvimento de produto, São Carlos, Brasil.
- HOOVER, W., JONES, J. B. (1991) – *Improving Engineering Design - Designing for Competitive Advantage*, National Academy Press, Washington, D. C.
- HUANG, G.Q. (1996) – *Design for X: Concurrent Engineering Imperatives*, Chapman & Hall, London.
- KING, N., MAJCHRZAK, Ann. (1996), *Concurrent Engineering Tools: Are the Human Issues Being Ignored?*, IEEE Transactions on Engineering Management, Special Issue on Concurrent Engineering, May 1996, Volume 43, Number 2, pp. 189-201.
- LOREIRO, Geilson, (1994) – *QFD auxiliado por computador em abordagens por engenharia simultânea*, dissertação de mestrado, ITA, São José dos Campos.
- McGRATH, Michael E.; et alli. (1996) – *Setting the PACE in product development: a guide to product and cycle-time excellence*, Michael E. McGrath editor, Revised Edition, Burlington.
- ROSS, P.J. (1996), *Taguchi Techniques for Quality Engineering*, McGraw-Hill, second edition, New York.
- SCACCHI, W., MI, P. (1997), *Process Life Cycle Engineering: A Knowledge-Based Approach and Environment*, University of Southern California, John Wiley & Sons, Ltd., New York