

## **A FILOSOFIA ENXUTA NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO E SUAS ORIGENS**

**Luís Claudio Mequita Pardal**  
**Dr. Leonel Fernando Perondi**  
**Dr. Sandro Giovanni Valeri**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais,  
Coordenação de Engenharia e Tecnologia Espacial,  
Curso de Sistemas Espaciais (CSE), São José dos Campos, SP, 12227-010  
luis.pardal@embraer.com.br; perondi@las.inpe.br; sandro.valeri@embraer.com.br

*Resumo: A Filosofia Enxuta surgiu no Japão, criada pela Toyota, para sobrevivência da empresa nas condições desfavoráveis do pós-guerra, e somente se tornou aparente para as companhias americanas, que lideravam o mercado, por volta dos anos 80, quando as empresas japonesas chegaram ao mercado americano, principalmente as dos setores eletrônico e automotivo. Muitos projetos de transformação em empresas enxutas têm primado exclusivamente pela fabricação, um primeiro passo lógico, mas apenas um ponto de partida, visto que somente é possível eliminar os desperdícios até certo ponto. A transformação em uma empresa enxuta impõe um segundo passo, que é a sua aplicação ao desenvolvimento de produtos, o qual pode ter um impacto maior sobre a empresa que a própria produção enxuta. Assim, este artigo busca dar um embasamento histórico da filosofia enxuta e apresenta uma síntese dos pontos destacados por Ward (2009) e Morgan e Liker (2008). Pode-se concluir que esses autores convergem para a mesma linha de princípios por caminhos diferentes. Como resultado, será apresentado um esquema que representa os sete elementos gerais do desenvolvimento enxuto.*

*Palavras Chaves: Filosofia Enxuta; desenvolvimento de produto.*

### **1. História**

#### **1.1. Até a produção em massa de Ford**

No século XVI, em Veneza, com o uso do conceito da intercambiabilidade e de uma linha de produção, vistas novamente somente após a revolução industrial, o Arsenal era o estaleiro naval e bélico mais poderoso e eficiente no mundo. Ele era capaz de produzir um navio (militar ou comercial) por dia, enquanto, na Europa, para navios com as mesmas características gastava-se em torno de um mês, inclusive para os produzidos na Inglaterra e Espanha, países de orientação marinha. Por volta de 16 mil pessoas trabalhavam nesse estaleiro, focadas diretamente na produção dos navios; enquanto cordas, remos, tecidos, “containers” de armazenamento, armas e outras cargas eram conseguidas de instalações ao seu redor - conceito de fábrica satélite, utilizado nas montadoras de hoje.

A disposição do Arsenal foi modificada para permitir o mínimo de movimentação de material durante os estágios de produção. Talvez o mais revolucionário aspecto do mesmo tenha sido empregar uma linha de montagem. O navio, através do uso do canal, era movido durante os seus estágios de construção, permitindo que fosse trazido até os materiais e trabalhadores. Essa característica do estaleiro Arsenal não foi vista novamente até o início do século XX, quando Henry Ford utilizou o mesmo conceito na linha de montagem moderna (Lane, 1934).

Entre os séculos XI e XX, no século XVIII, a intercambiabilidade foi usada em alguns lugares na Europa, como na fabricação de engrenagens de relógios, na Suécia, por Christopher Polhem. Adam Smith discorreu sobre a idéia da divisão do trabalho, no seu livro “The Wealth of Nations”, de 1776, dando uma simples tarefa para cada trabalhador realizar. Outro ponto importante a destacar foi o trabalho do inglês Samuel Bentham e do francês Marc Brunel que usaram a divisão da força de trabalho e máquinas na produção em massa de polias, de maneira a suprir a demanda da marinha inglesa.

Já no século XX, o modelo Ford T 1908, o vigésimo projeto de Henry Ford, era projetado para a produção e de fácil utilização. Possuía partes intercambiáveis e simples de serem montadas em uma linha de montagem. Ele foi capaz de desenvolver projetos inovadores que reduziam o número de componentes, diminuindo assim sua complexidade.

Ford foi muito mais que um montador. Por volta de 1915, alcançou uma completa integração vertical de sua produção, ou seja, sua produção começava na extração da matéria prima. Nessa época, essa estratégia foi necessária, pois somente a Ford possuía as técnicas da produção em massa, e com isso, conseguia economizar com os processos “in-house”. Outro motivo era a necessidade de partes com tolerância muito justas e um calendário de entregas muito apertado que nenhum fornecedor tinha imaginado cumprir.

Ford também praticou muito bem o conceito da divisão do trabalho com seus funcionários, que diferentemente da produção artesanal, onde os trabalhadores eram altamente qualificados e conheciam muito bem o automóvel como um todo, eram especializados em determinadas montagens do automóvel. Esse conceito foi utilizado, de maneira semelhante, na especialização das máquinas utilizadas na linha de montagem, o que propiciou uma redução drástica do “set-up” delas (Womack, 1990).

O conceito da divisão do trabalho aplicado por Ford está presente nos estudos de Taylor (“Shop Management System”), apresentados à “American Society of Mechanical Engineers” entre 1903 e 1905, e que refletiam seus 12 anos de trabalho em Bethlehem Steel e buscavam apoio na racionalidade do trabalho. Tais estudos baseavam-se em cinco princípios: análise científica e posterior padronização das tarefas a serem executadas; seleção, também científica, de trabalhadores aptos a executar as tarefas tal como foram redesenhadas; treinamento (igualmente rotulado como “científico”) dos trabalhadores selecionados; motivação exclusivamente salarial destes trabalhadores; finalmente, um pouco como decorrência, uma cooperação entre trabalhadores e a direção da empresa (Taylor, 1995).

Hoje em dia, continuam inteiramente válidos os princípios centrais do “Shop Management System”, que são: o planejamento rigoroso dos postos de trabalho, a seleção e treinamento dos trabalhadores, sobretudo, a cooperação entre trabalhadores e direção.

## **1.2. O modelo Japonês**

Durante a Segunda Guerra Mundial, as dificuldades de fabricação de produtos de defesa confiáveis e intercambiáveis, complicadas pela incapacidade de os fabricantes cumprirem os prazos de entrega, levaram as forças armadas americanas a intensificar o uso do Controle Estatístico da Qualidade. Elas desenvolveram seus próprios procedimentos de inspeção por amostragem e publicaram normas para sua utilização. Publicaram também normas para o emprego do CEP (Controle Estatístico do Processo). Um amplo programa educacional foi desenvolvido para fornecedores e, de forma geral, para todos os envolvidos. O resultado foi a rápida difusão dessas técnicas em vários países (Barbará, 2006).

Em 1942, W. Eduard Deming, estatístico e discípulo de Shewhart, foi convidado, juntamente com outros profissionais, a participar do esforço de guerra, ministrando cursos de CEP a engenheiros, inspetores e outros profissionais. Porém, com o final da guerra, o uso da estatística restringiu-se praticamente à utilização dos planos de inspeção por amostragem (Deming, 1990).

No ano seguinte, Deming foi convidado pela JUSE (União Japonesa de Ciências e Engenheiros) para um ciclo de oito dias de conferências sobre o Controle Estatístico da Qualidade. Segundo Kaoru Ishikawa, o maior expoente do TQC (sigla em inglês para Controle Total da Qualidade) no Japão, os primeiros temas abordados foram: como usar o PDCA (sigla em inglês para Planejar, Fazer, Verificar e Agir); a importância de ter instinto para a dispersão estatística; e o controle do processo através do uso de gráficos de controle. Administradores e engenheiros japoneses passaram imediatamente a utilizar as técnicas aprendidas, entretanto, tiveram alguns problemas, devido principalmente à falta de padrões normativos e aos processos de coleta de dados. Embora Deming tenha ficado cerca de quatro anos no Japão, entre idas e vindas aos EUA, seu papel principal foi

despertar na liderança daquele país a percepção da busca pela qualidade. Mas, decorrido este tempo, ficou claro que os japoneses precisavam de mais ajuda (Oliveira, 1997).

Essa ajuda foi solicitada a J. M. Juran, já nessa ocasião considerado um dos maiores especialistas no campo da administração da qualidade. Juran foi ao Japão em 1954 e organizou seminários para os administradores de nível principal e intermediário, explicando-lhes as funções que deveriam desempenhar para a promoção das atividades de controle da qualidade. Para Ishikawa, a visita de Juran marcou uma transição no Japão: em vez de o controle de qualidade dar prioridade à tecnologia, como até então, passou a se voltar prioritariamente para a administração geral, criando uma atmosfera onde se tornava uma ferramenta gerencial (Juran, 1951; Ishikawa, 1993).

Assim, as principais contribuições externas recebidas pelos japoneses para formularem seu modelo de Controle da Qualidade Total (TQC) foram os ensinamentos de Deming (encarregado de falar para a liderança japonesa) e de Juran (responsável pela introdução das práticas da qualidade na média gerência). Deve ser também mencionada a influência dos trabalhos do próprio Taylor e de Feigenbaum, que introduziu o termo TQC em 1951 nos Estados Unidos (Barbará, 2006).

Enquanto os Estados Unidos estavam focados nas prioridades da Guerra Fria após a segunda guerra mundial, o Japão se concentrava em desafios econômicos. As necessidades do Japão estavam voltadas para a construção de uma indústria economicamente competitiva.

Por outro lado, a indústria americana possuía a maior força industrial do mundo. Kiichiro Toyoda, então presidente da Toyota, colocou o desafio de aprender com a Toyota em três anos. Esse era o único jeito da indústria japonesa sobreviver. Esse desafio foi colocado para Taiichi Ohno, um dos principais engenheiros da Toyota na época. Para completar a sua missão, Ohno foi conhecer os Estados Unidos e os seus métodos. Ele se concentrou no que seria o “benchmark” mundial da época: o complexo industrial da Ford localizado em Dearborn, Michigan.

Ohno rapidamente identificou as fontes de sucesso, assim como os pontos fracos da indústria automobilística americana. O que ele observou foi produção em massa: alto volume, grandes lotes de produção e muitos armazéns.

A Ford montou um sistema bem ajustado para as necessidades do vasto mercado americano usando o gerenciamento científico, que se baseia na ideia de que existe um melhor modo para fazer qualquer coisa e que uma pessoa experiente pode saber. Assim, os funcionários deveriam seguir os processos que os gerentes determinavam, modelo que se encaixava bem nos moldes de produção em massa.

Ohno queria um sistema de produção igualmente ajustado para as realidades econômicas do Japão, mas se deparou com muitos dilemas, entre os quais: a Toyota estava localizada em uma pequena cidade com poucas indústrias e a universidade de Tóquio produzia relativamente poucos engenheiros, que ficavam quase todos na capital, para trabalhar na Nissan. Além da pequena força de trabalho, havia um mercado doméstico pequeno e fragmentado, recursos naturais escassos, terra limitada e pouco dinheiro disponível para financiamento.

Como ninguém ao redor da Toyota sabia como fazer um carro e Toyoda não podia dar ordens com sucesso, já que também não sabia o que dizer para as pessoas fazerem, a mensagem que ele passava era: “Nós vamos fazer carros. Vamos todos aprender o quanto nós podemos, o mais rápido que pudermos e criar algo que os clientes comprariam. Meu trabalho é o mesmo de vocês; aprender o mais rápido que posso” (Murman, 2002).

Uma situação totalmente oposta à americana. Claramente o modelo das instalações da Ford não funcionava no contexto japonês.

Em resposta às dificuldades específicas japonesas, uma variedade de soluções surgiu das limitações particulares do modelo de produção em massa. Mais tarde esse novo modelo ficou conhecido como Produção Enxuta.

## 2. A Filosofia Enxuta

O novo enfoque japonês para a qualidade não se tornou aparente para as companhias americanas até por volta dos anos 80, quando as companhias japonesas chegaram ao mercado americano, principalmente as dos setores eletrônico e automotivo, e então começaram a aparecer os primeiros estudos sobre os assuntos.

A primeira pessoa a usar o termo Sistema de Produção Enxuta foi John Krafcik, estudando do “MIT’s Sloan School of Management”, em sua dissertação de mestrado, na qual destacou que a Produção Enxuta usa menos de tudo quando comparada à produção em massa. Mais tarde, o termo Produção Enxuta foi introduzido de uma maneira mais abrangente por James Womack et al. (1990).

Mais tarde, Womack (2003) cunhou a Filosofia Enxuta como a solução para evitar os desperdícios. Ela provê um modo de fazer mais com menos: esforço humano, equipamento, tempo e espaço e convergir para dar aos “stakeholders” exatamente o que eles querem.

Womack separou a Filosofia Enxuta em cinco princípios:

- **Especificar o valor:** O valor é definido pelo cliente através de características específicas do produto ou do serviço.
- **Identificar o fluxo do valor:** Traçar todas as ações, os processos e as funções necessários para transformar entradas em saídas, de modo a identificar e a eliminar os desperdícios.
- **Fazer o valor fluir continuamente:** Com a eliminação dos desperdícios, fazer o fluxo remanescente fluir continuamente.
- **Deixar os clientes puxarem o fluxo:** O pedido do cliente chega primeiro nos fornecedores, possibilitando a produção “just-in-time”.
- **Perseguir a perfeição:** Perseguir o processo contínuo de melhorias para chegar no estado da arte.

Toda a empresa deve estar alinhada com esse sistema porque é impossível eliminar desperdício ou agregar valor efetivamente sem os trabalhadores da linha de frente, os membros dos times de engenharia e todos os outros.

Eliminar o desperdício é importante não somente para cortar os custos, mas também para melhorar a qualidade, a segurança e a agilidade das respostas nas alterações dos requisitos de mercado. A ligação entre ser enxuto e agilidade de resposta não é sempre bem entendida, mas quando as atividades que não agregam valor são eliminadas, além da redução de ciclo, a agilidade da resposta é consequência. Em uma empresa enxuta, eliminar atividades que não agregam valor é muito mais importante que acelerar um processo ou atividade individual.

Taiichi Ohno (1988) dividiu os desperdícios para produção em sete categorias principais:

**Tabela 1: Lista dos desperdícios de Ohno**

7 Tipos de Desperdícios “Muda”	Definição
Excesso de produção	Produção maior do que cliente necessita neste momento
Transporte desnecessário	Movimento do produto que não agrega valor
Movimentação desnecessária	Movimento de pessoas que não agregam valor
Espera	Tempo ocioso - materiais, pessoas, equipamentos ou informações não estão prontos
Processamento desnecessário	Esforço que não agrega valor do ponto de vista do cliente
Estoque	Materiais, peças ou produtos disponíveis além do que o cliente necessita no momento
Defeitos	Trabalho que contém erros, retrabalho, enganos ou falta de alguma coisa necessária

### 3. A Filosofia Enxuta no Desenvolvimento do Produto

Segundo Ward (2009), a qualidade medida em pesquisas sobre os defeitos dos produtos na sua vida inicial é devida parcialmente ao sistema de produção, que é fortemente afetado por decisões tomadas durante o desenvolvimento do produto. Mas a qualidade do produto na sua vida como um todo (durabilidade, manutenibilidade e até mesmo baixo custo) é quase inteiramente função do desenvolvimento.

Os engenheiros que trabalham com desenvolvimento de produto podem argumentar que seus trabalhos não são tão repetitivos a ponto de alinhar com esses princípios e também podem interferir nos aspectos criativos dos trabalhadores. Embora exista certa legitimidade nisso, muitos engenheiros repetem o mesmo trabalho em diferentes projetos, embora o adaptando a novos desafios e oportunidades. Esses desafios podem variar com o tipo de trabalho: pode-se ter suporte ao produto, com pequenas melhorias e com pedidos de cliente; ou suporte à engenharia com testes, o que é mais repetitivo. Por outro lado há a pesquisa básica e o desenvolvimento que são menos repetitivos. Esses princípios definitivamente precisam ser adaptados, mas a idéia básica de se procurar eliminar o desperdício é igualmente aplicável.

Morgan e Liker (2008) descrevem o desenvolvimento de produtos na Toyota como um sistema sócio-técnico, no qual deve haver uma harmonização entre os subsistemas social e técnico.

O subsistema social compreende os trabalhadores com suas características fisiológicas e psicológicas, seu nível de qualificação, formação e experiência, suas relações sociais dentro da organização e suas condições organizacionais do trabalho.

O subsistema técnico compreende as tarefas a serem realizadas e as condições técnicas para a sua realização, envolvendo o ambiente de trabalho, as instalações, as máquinas, os equipamentos, as ferramentas e os procedimentos e normas operacionais, inclusive as condicionantes temporais para cada operação (Santos et al., 1997).

O modelo utilizado por Morgan e Liker combina três subsistemas principais: processos; pessoal; e ferramentas e tecnologias. Em um modelo de sistema enxuto de desenvolvimento de produto, esses três subsistemas são inter-relacionados e interdependentes, influenciando a capacidade da organização de atingir seus objetivos externos.

Esses três subsistemas são divididos em 13 princípios:

#### Processos:

1. Identificar o valor definido pelo cliente para separar valor agregado do desperdício;
2. Concentrar esforços no início do processo de desenvolvimento de produto para explorar integralmente soluções alternativas, enquanto existe máxima flexibilidade de projeto;
3. Criar um nivelamento de fluxo do processo de desenvolvimento de produto;
4. Utilizar padronização rigorosa para reduzir variação e criar flexibilidade e resultados previsíveis;

#### Pessoal Habilitado:

5. Desenvolver um sistema de engenheiro-chefe para integrar o desenvolvimento de produto do início ao fim;
6. Organizar, para balancear a competência funcional com a integração multifuncional;
7. Desenvolver competência técnica superior em todos os engenheiros;
8. Integrar plenamente os fornecedores ao sistema de desenvolvimento de produto;

9. Consolidar o aprendizado e a melhoria contínua;
10. Construir uma cultura de suporte à excelência e à melhoria ininterrupta;

#### Ferramentas e Tecnologia:

11. Adaptar a tecnologia ao pessoal e ao processo;
12. Alinhar a organização mediante comunicação simples e visual;
13. Usar ferramentas poderosas para padronização e aprendizado organizacional.

Consegue-se perceber em Ward (2009) as mesmas idéias colocadas nos 13 princípios descritos acima, mas com ênfase em cinco princípios, descritos abaixo:

1. Concentrar-se no valor: Foco na criação do conhecimento e equipamento úteis, ou seja, aqueles que contribuem consistentemente para o lucrativo fluxo de valor operacional;
2. Ter um engenheiro-chefe: líder e integrador de sistemas técnicos – É responsável pela lucratividade, arquitetura do sistema, planejamento do projeto, negociação de recursos com os líderes funcionais, atingir o consenso no time de projeto e até aprovar a campanha de marketing inicial;
3. “Set-based concurrent engineering”: utiliza curvas de “trade-off” em análises de engenharia e explora simultaneamente as múltiplas soluções, convergindo para a solução final quando ficar provado que determinada alternativa é a melhor;
4. Ter cadência e fluxo puxado: produzir quando solicitado, com cadência, tendo a informação e os materiais à disposição para serem usados;
5. Ter equipes de competência técnica superior: Pessoal atento ao impacto do seu trabalho nos custos de produção e qualidade, e com contribuição de boas soluções para o sucesso do projeto como um todo.

#### **4. Análise**

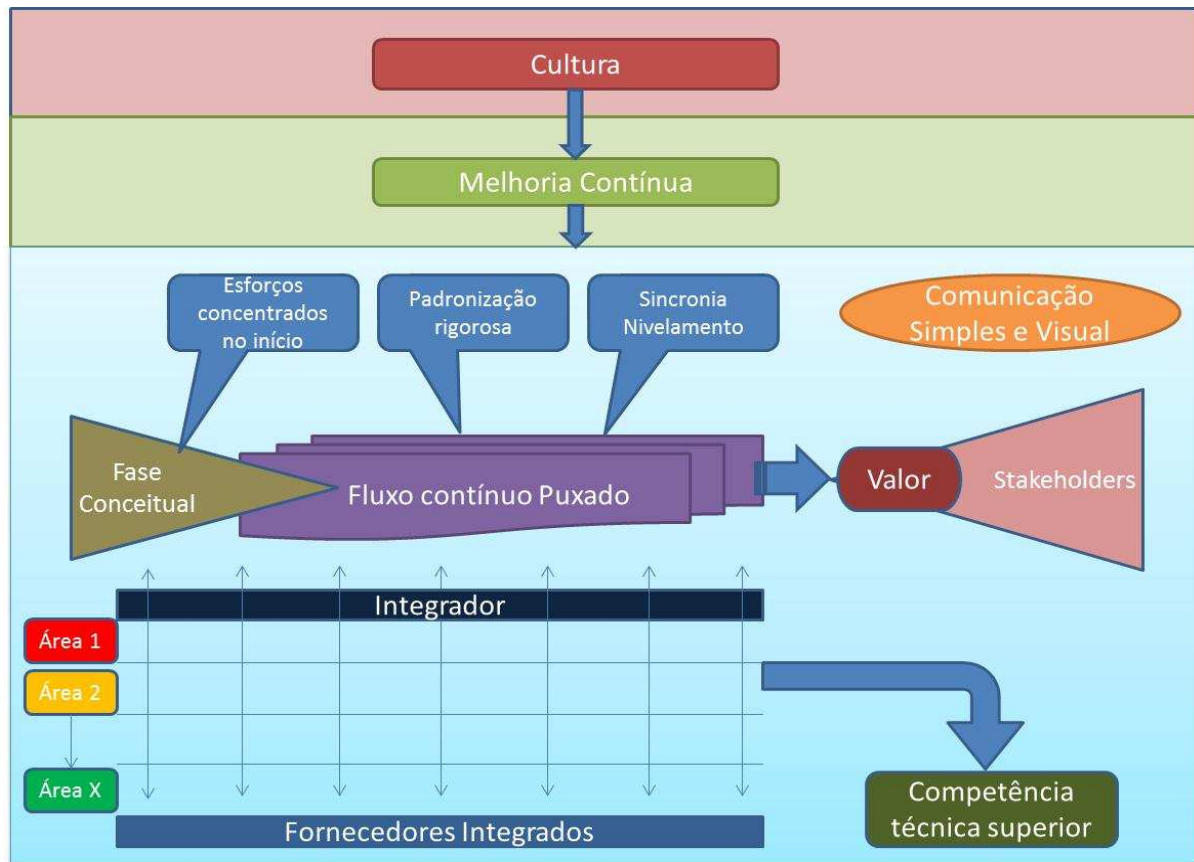
Comparando as ideias de Morgan e Liker com as de Ward, percebe-se uma busca muito forte por conhecimento e informação, para que elas, quando estruturadas, possam gerar o valor solicitado pelos “stakeholders”. Outro ponto forte é a criação de mecanismos para que exista uma boa comunicação nas áreas funcionais, no fluxo entre as áreas funcionais e, de modo geral, para melhorar a sincronia entre as áreas funcionais, principalmente para produtos complexos.

Esses princípios respeitam aqueles apresentados por Womack anteriormente e são esquematizados na Figura 1.

Ela resume o Sistema Enxuto de Desenvolvimento de Produtos nos sete elementos apresentados abaixo:

1. Fluxo contínuo puxado, com padronização, sincronia e nivelamento, o que representa o ciclo de desenvolvimento do produto com destaque para a fase conceitual, onde deve haver um forte uso conceitual de “set-based concurrent engineering”;
2. O Integrador ou Engenheiro-chefe sendo a conexão entre todas as áreas funcionais da empresa, desde a concepção do produto até seu descarte.
3. A integração forte com os fornecedores durante todos os projetos;
4. A competência técnica superior, de forma a dar a base de sustentação para a geração do valor;
5. A comunicação simples e visual para um fluxo mais enxuto das informações, tanto no sentido técnico quanto no sentido do fluxo contínuo puxado;

6. A busca pela excelência em todos os pontos citados anteriormente;
7. A cultura, que não é fácil de se adquirir, para que todos na empresa busquem a excelência.



**Figura 1: Sistema Enxuto de Desenvolvimento de Produtos**

## 5. Conclusão

Com o estudo da história da produção, percebeu-se que novos métodos mais eficientes são criados por necessidade, seja por sobrevivência de empresas no mercado ou mesmo por civilizações durante a guerra. Já na história, percebeu-se que o conhecimento adquirido durante anos de experiência pode também dar vantagens competitivas a quem o possui.

Os sete elementos, apresentados no final do capítulo anterior, contem uma síntese dos pensamentos apresentados por Womarc, Ward, Liker e Morgan, e é o macro-esqueleto para se ter um desenvolvimento de produto enxuto.

Percebeu-se que o objetivo do desenvolvimento do produto enxuto é aprender rápido como fazer bons produtos, usando a engenharia do bom senso, sendo esse bom senso gerado através do conhecimento agregado durante o tempo.

E por fim, um ponto importante para ser destacado, é que, uma vez o sistema esteja montado, a metodologia do “Set-Based Concurrent Engineering” é a peça fundamental (coração do sistema) para a elaboração rápida de produtos que atendam às expectativas dos “stakeholders”, porque através dela é possível gerar a base conhecimento que é o combustível de todo o sistema enxuto de desenvolvimento de produto.

## 6. Referências

- Barbará, S.. Gestão por Processos: fundamentos, técnicas e modelos de implementação: foco no sistema de gestão de qualidade com base na ISO 9000:2000, 2ªEd., Rio de Janeiro, Qualitymark Editora Ltda, 2006.
- Deming, W. E.. Qualidade: a revolução da administração, Rio de Janeiro, Marques Saraiva, 1990.
- Ishikawa, K.. Controle da Qualidade Total à maneira Japonesa, Rio de Janeiro, Campus, 1993, pp 96/ 97.
- Juran, J.. Quality Control Handbook, Nova Iorque, Macgraw-Hill, 1951.
- Lane, C. F.. Venetian Ships and Shipbuilders of the Renaissance, Baltimore, 1934
- Morgan, J. M.; Liker, J. K.. Sistema Toyota de Desenvolvimento de Produto: integrando pessoas, processo e tecnologia, Tradução Raul Rubennich, Porto Alegre, Bookman, 2008.
- Murman, E...[Et al]. Lean Enterprise Value: insights from MIT's Lean Aerospace Initiative, New York, Aardvark Editorial, 2002.
- Ohno, T.. Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production, Portland, Productivity, Inc, 1988.
- Oliveira, S. B. De.. Prêmios Nacionais da Qualidade: a busca pela excelência. Uma análise crítica e referencial. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1997.
- Taylor, F.. Princípios da Administração Científica, 8ª ed., São Paulo, Ed. Atlas, 1995, 109p.
- Ward, A. C.. Lean Product and Process Development, Cambridge, Lean Enterprise Institute, Inc, 2009.
- Womack, J. P., Jones D. T.. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, London, Ed. Simon & Schuster UK Ltd, 2003.
- Womack, J. P.; Jones D. T.. The Machine that Changed the World, New York, 1990.