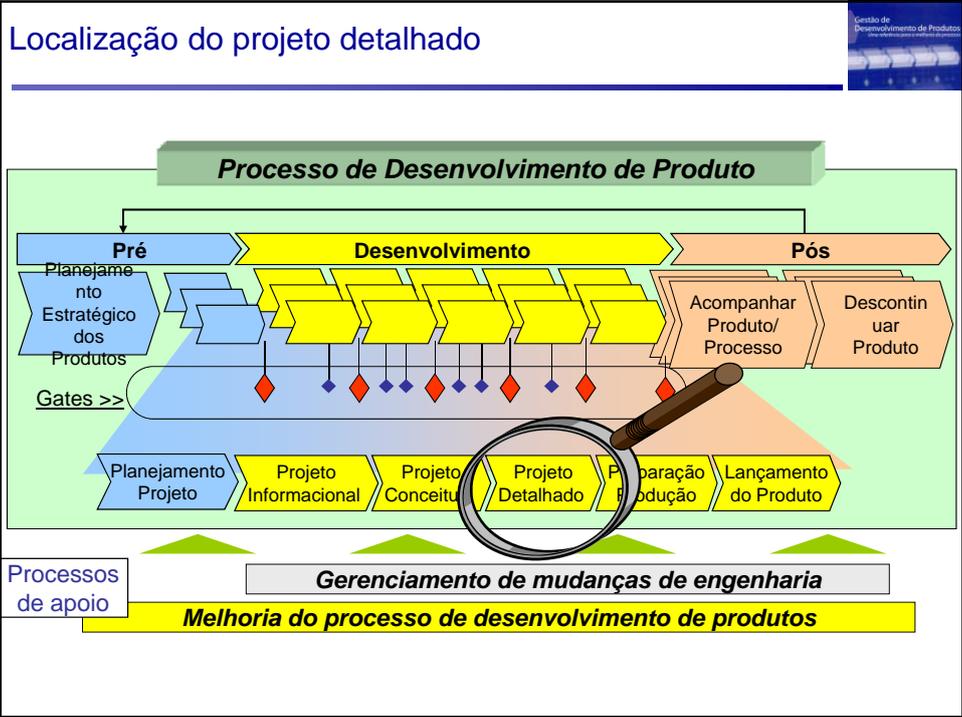




Universidade Federal de Sergipe
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas
Núcleo de Engenharia de Produção
Disciplina Engenharia de Produto

Prof. Andréa Cristina dos Santos, Dr. Eng.
 andreaufs@gmail.com
<http://engenhariadeproduto.ning.com>

Aula 25 e 26
 20 de Novembro de 2009



Sumário do capítulo – conceitos e ferramentas (quadros) 1/2



- Classificação de itens
- Sistemas CSM, catálogos na internet e o e-procurement
- Padronização no projeto
- Identificação de itens
- Gerenciamento dos parâmetros críticos (CPM) de um produto
- Sistemas CAD/CAE/CAM
- GD&T (geometric dimensioning and tolerancing)
- Processo de Desenvolvimento de Software (PDS)
- Tipos de BOM
- Custo alvo e gestão de custos do PDP
- Sistemas PDM (product data management – gestão de dados de produto)

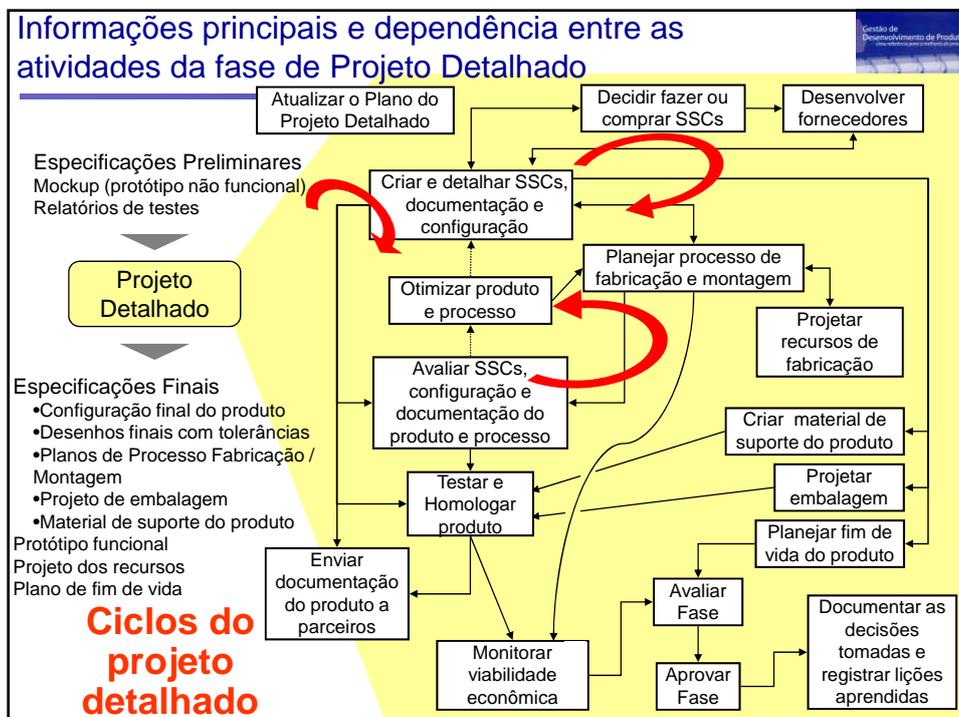
Sumário do capítulo – conceitos e ferramentas (quadros) 2/2

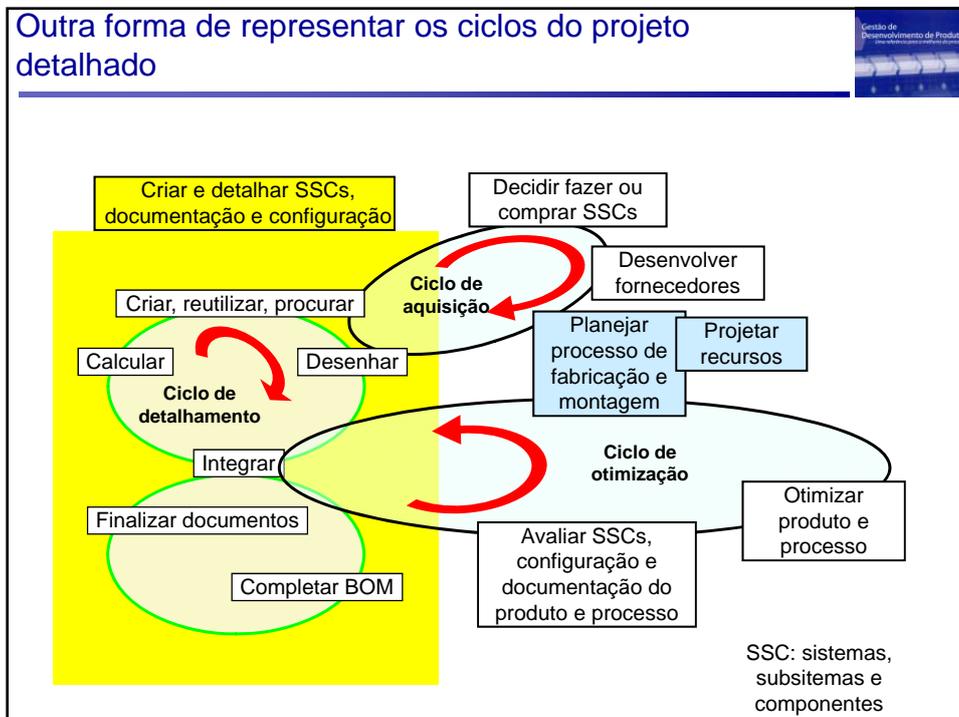
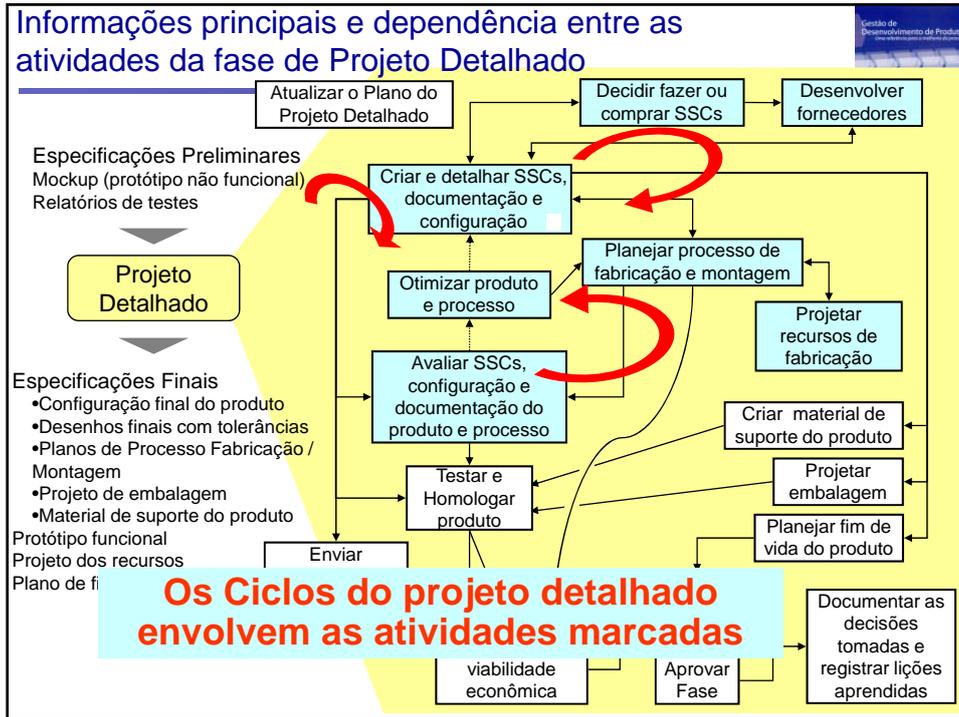


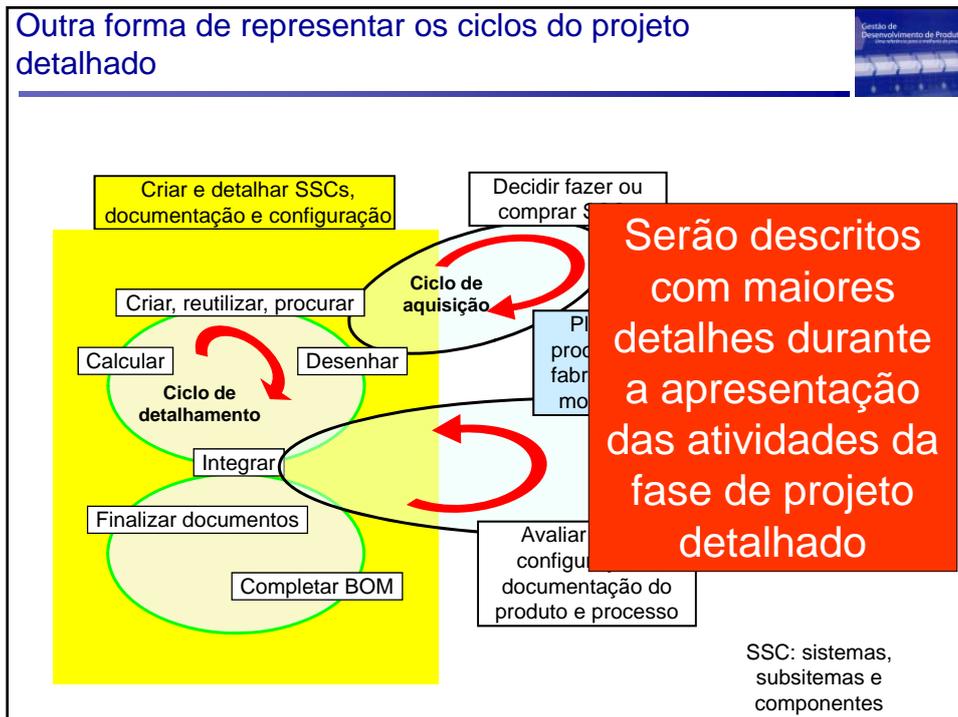
- Manufatura virtual
- Sistemas CAPP (computer aided process planning)
- Projeto de fábrica.
- Métodos de avaliação dos sistemas, subsistemas e componentes
- FMEA (failure mode and effect analysis)
- Planejamento de experimentos (DOE – design of experiments)
- Projeto Robusto (RD: robust design)
- O uso de protótipos e modelos de produtos (componentes e ferramentas)
- Disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade
- Requisitos da ISO 9001 e as atividades deste modelo de referência
- Sistemas PLM (product life-cycle management)

Conceitos básicos para entendimento da fase de projeto detalhado

- Ciclos do projeto detalhado (construir – testar – otimizar)
 - Ciclo de detalhamento
 - Ciclo de aquisição
 - Ciclo de otimização
- Integração com o projeto conceitual
 - Depende do grau de novidade e complexidade do produto
- Projeto preliminar
- Termos utilizados na fase de projeto detalhado (complementar aos termos das fases anteriores)
- Recordar relacionamento com fornecedores







Conceitos básicos para entendimento da fase de projeto detalhado

- Ciclos do projeto detalhado (construir – testar – otimizar)
 - Ciclo de detalhamento
 - Ciclo de aquisição
 - Ciclo de otimização
- **Integração com o projeto conceitual**
 - **Depende do grau de novidade e complexidade do produto**
- Projeto preliminar
- Termos utilizados na fase de projeto detalhado (complementar aos termos das fases anteriores)
- Recordar relacionamento com fornecedores

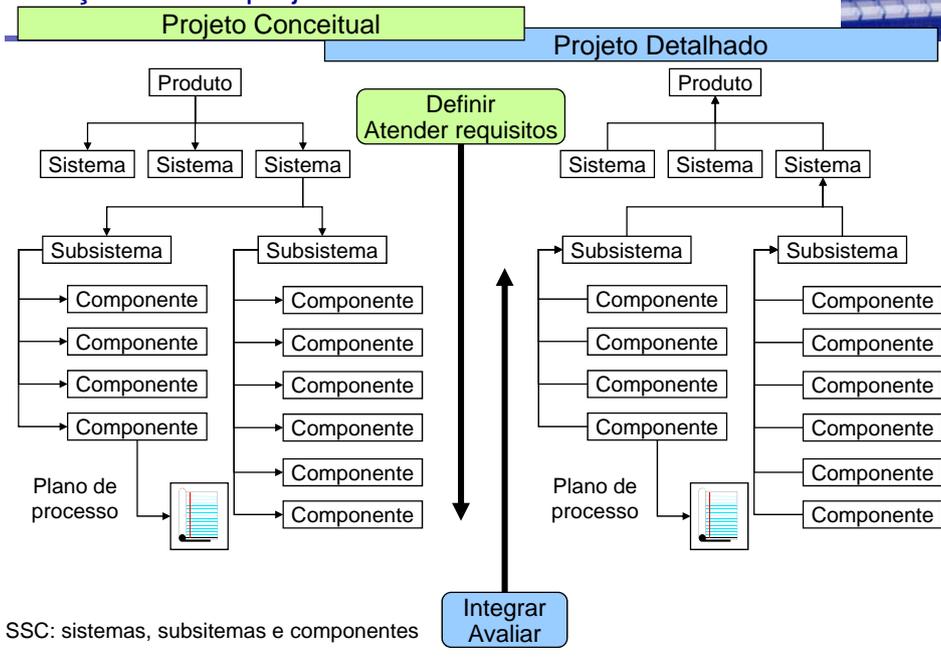
Integração entre o projeto conceitual e projeto detalhado 1/4



- No projeto conceitual são realizados desdobramentos sucessivos (top down) em SSCs
- No projeto detalhado, novos SSCs podem ser criados e todos eles são integrados no produto final
- Pode existir uma superposição entre as fases

SSCs: sistemas, subsistemas e componentes

Relação entre o projeto conceitual e detalhado



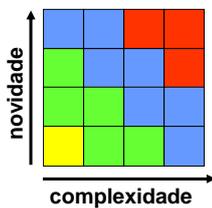
Integração entre o projeto conceitual e projeto detalhado 2/4



- No projeto conceitual são realizados desdobramentos sucessivos (top down) em SSCs
- No projeto detalhado, novos SSCs podem ser criados e todos eles são integrados no produto final
- Pode existir uma superposição entre as fases
- Depende do grau de novidade e complexidade do produto

SSCs: sistemas, subsistemas e componentes

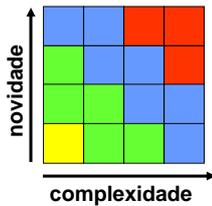
Grau de novidade e complexidade do produto influenciando a relação entre projeto conceitual e detalhado 1/2



Recorde:

- Capítulo 5: planejamento do projeto
- Atividade: adaptação do modelo de referência

Grau de novidade e complexidade do produto influenciando a relação entre projeto conceitual e detalhado 1/2



Grau de novidade:

Se menor > maior o nível de detalhamento no projeto conceitual

Se maior > só conseguiremos identificar todos os SSCs no detalhado

Grau de complexidade:

Maior > investir mais no conceitual para obter uma noção mais precisa do produto (algumas atividades do detalhado ocorrem no conceitual)

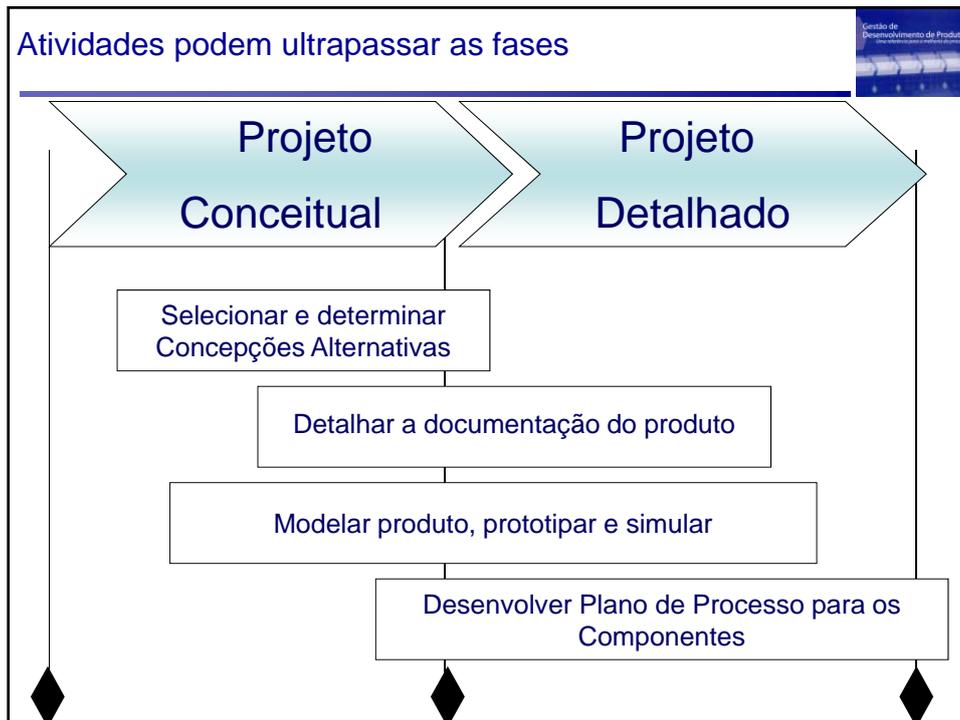
Podem existir variações dessas práticas dependendo de especificidades do produto e cultura da empresa

Integração entre o projeto conceitual e projeto detalhado 3/4



- No projeto conceitual são realizados desdobramentos sucessivos (top down) em SSCs
- No projeto detalhado, novos SSCs podem ser criados e todos eles são integrados no produto final
- Pode existir uma superposição entre as fases
- Depende do grau de novidade e complexidade do produto
- Algumas atividades designadas para uma fase podem ser realizadas em outra fase, ou podem iniciar em uma fase de terminar na outra
- Recordar que o que determina uma fase é o gate, no qual algumas informações são congeladas para avaliação gerencial do desenvolvimento do proj.

SSCs: sistemas, subsistemas e componentes



Integração entre o projeto conceitual e projeto detalhado 4/4

- No projeto conceitual são realizados desdobramentos sucessivos (top down) em SSCs
- No projeto detalhado, novos SSCs podem ser criados e todos eles são integrados no produto final
- Pode existir uma superposição entre as fases
- Depende do grau de novidade e complexidade do produto
- Algumas atividades designadas para uma fase podem ser realizadas em outra fase, ou podem iniciar em uma fase de terminar na outra
- Recordar que o que determina uma fase é o gate, no qual algumas informações são congeladas para avaliação gerencial do desenvolvimento do proj.

SSCs: sistemas, subsistemas e componentes

Conceitos básicos para entendimento da fase de projeto detalhado



- Ciclos do projeto detalhado (construir – testar – otimizar)
 - Ciclo de detalhamento
 - Ciclo de aquisição
 - Ciclo de otimização
- Integração com o projeto conceitual
 - Depende do grau de novidade e complexidade do produto
- **Projeto preliminar**
- Termos utilizados na fase de projeto detalhado (complementar aos termos das fases anteriores)
- Recordar relacionamento com fornecedores

Necessária uma fase de projeto preliminar?



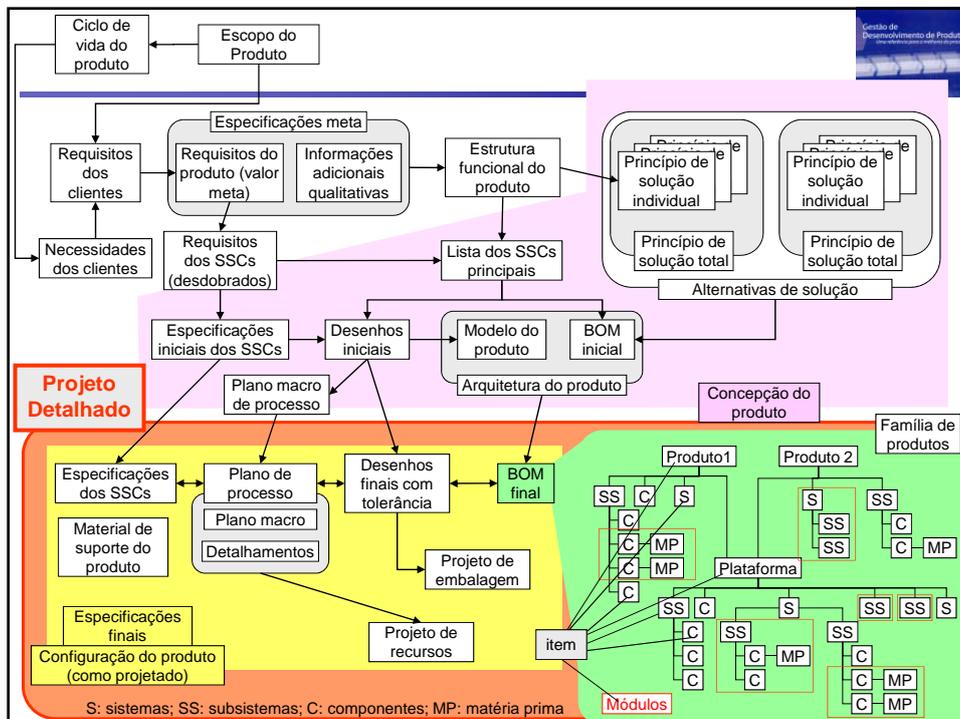
- Alguns autores definem projeto preliminar entre o projeto conceitual e projeto detalhado
- Justificativa: ter noção mais precisa do produto antes de gastar em detalhamentos
- Considera que a concepção é pouco detalhada
- Necessário no passado quando os sistemas CAD não eram tão abrangentes
- Com sistemas CAD mais completos, sistemáticas de *gates* técnico e gerenciais e os ciclos do projeto detalhado, não é mais necessário prever uma fase específica para projeto preliminar
- “rodar” um primeiro ciclo de detalhamento pode ser considerado um projeto preliminar, pois as atividades são as mesmas
- Explicação completa no quadro 8.3, considera os casos de produtos inovadores, complexos, únicos (ETOs) etc

ETO: engineering to order

Conceitos básicos para entendimento da fase de projeto detalhado



- Ciclos do projeto detalhado (construir – testar – otimizar)
 - Ciclo de detalhamento
 - Ciclo de aquisição
 - Ciclo de otimização
- Integração com o projeto conceitual
 - Depende do grau de novidade e complexidade do produto
- Projeto preliminar
- Termos utilizados na fase de projeto detalhado (complementar aos termos das fases anteriores)
- Recordar relacionamento com fornecedores

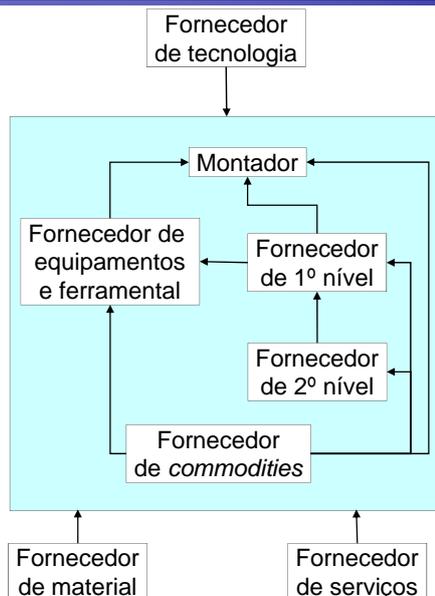


Conceitos básicos para entendimento da fase de projeto detalhado

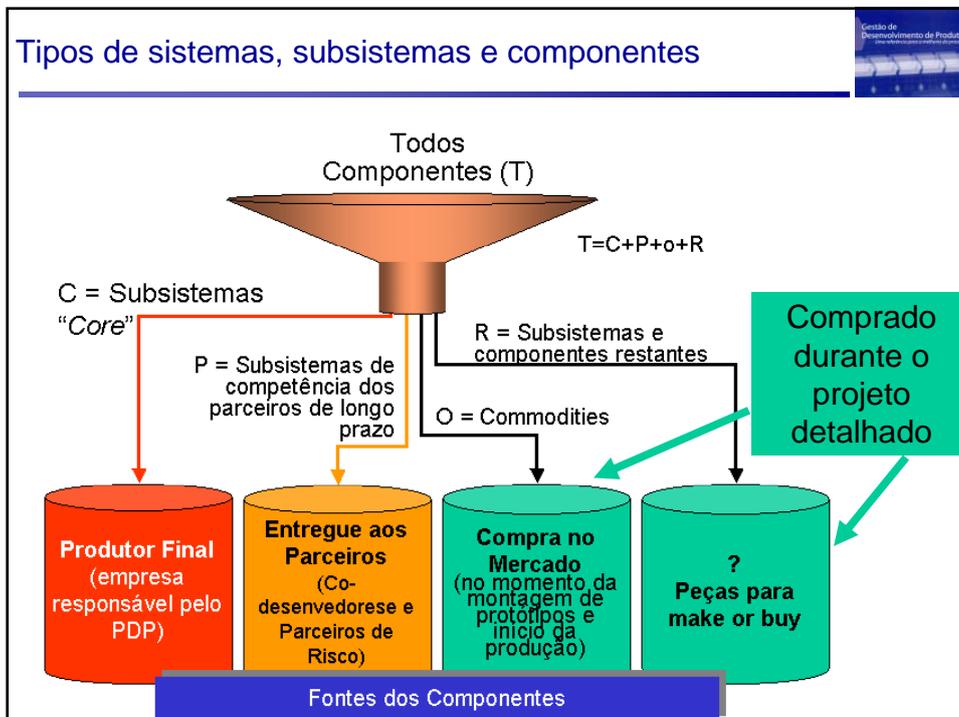
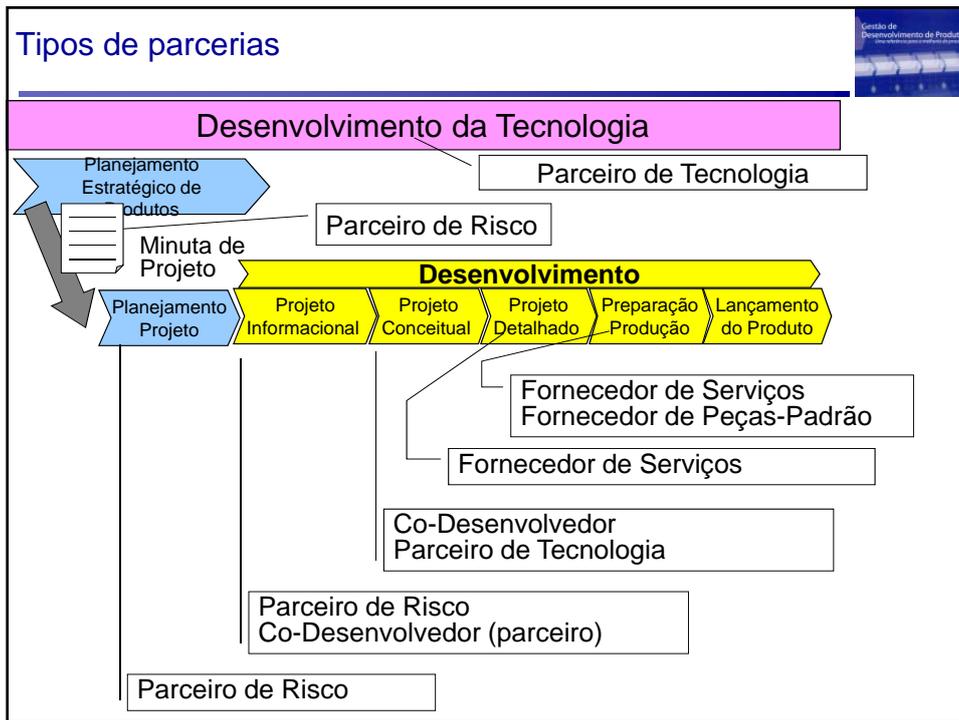


- Ciclos do projeto detalhado (construir – testar – otimizar)
 - Ciclo de detalhamento
 - Ciclo de aquisição
 - Ciclo de otimização
- Integração com o projeto conceitual
 - Depende do grau de novidade e complexidade do produto
- Projeto preliminar
- Termos utilizados na fase de projeto detalhado (complementar aos termos das fases anteriores)
- **Recordar relacionamento com fornecedores**

Definição de papéis na cadeia de suprimentos



Ou seja, onde estamos na cadeia de suprimentos???

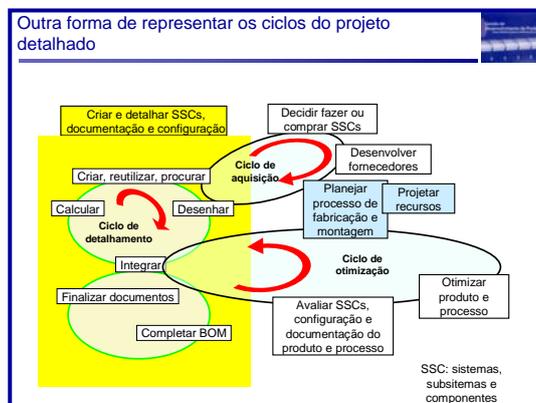


Esses foram os conceitos básicos para entendimento da fase de projeto detalhado !!!

- Ciclos do projeto detalhado (construir – testar – otimizar)
 - Ciclo de detalhamento
 - Ciclo de aquisição
 - Ciclo de otimização
- Integração com o projeto conceitual
 - Depende do grau de novidade e complexidade do produto
- Projeto preliminar
- Termos utilizados na fase de projeto detalhado (complementar aos termos das fases anteriores)
- Recordar relacionamento com fornecedores

Descrição das fases

Agora que vimos os conceitos básicos para entendimento da fase de projeto detalhado, vamos descrever as atividades desta fase, sem esquecer os ciclos de detalhamento



Sumário do capítulo – atividades da fase



- **Atualizar o plano do projeto detalhado**
- Criar e detalhar itens e documentos
- Decidir fazer ou comprar SSCs
- Desenvolver fornecedores
- Planejar processo de fabricação e montagem
- Projetar recursos de fabricação
- Avaliar itens e documentos
- Otimizar produto e processo
- Criar material de suporte do produto
- Projetar embalagem
- Planejar fim de vida de produto
- Testar e homologar produto
- Enviar documentação do produto a parceiros
- Monitorar a viabilidade econômica do produto
- Avaliar, aprovar fase e documentar lições aprendidas

Atualizar o plano do projeto detalhado



- Segue a atividade generica descrita no capítulo 3, na qual todas atividades da fase de planejamento (capítulo 5) são revisadas
- São definidas atividades adicionais relacionadas com esta fase
- Cuidado para não exagerar no nível de detalhamento do planejamento: não se deve definir uma atividade para cada documento a ser gerado
- Como prever a duração das atividades de detalhamento? Dados históricos
- Estude quadros 5.7 e 8.4

Sumário do capítulo – atividades da fase

Gestão de Desenvolvimento de Produtos

- Atualizar o plano do projeto detalhado
- Criar e detalhar itens e documentos
- Decidir fazer ou comprar SSCs
- Desenvolver fornecedores
- Planejar processo de fabricação e montagem
- Projetar recursos de fabricação
- Avaliar itens e documentos
- Otimizar produto e processo
- Criar material de suporte do produto
- Projetar embalagem
- Planejar fim de vida de produto
- Testar e homologar produto
- Enviar documentação do produto a parceiros
- Monitorar a viabilidade econômica do produto
- Avaliar, aprovar fase e documentar lições aprendidas

Essas atividades fazem parte dos ciclos de detalhamento e serão apresentadas “em conjunto”

Sumário do capítulo – atividades da fase

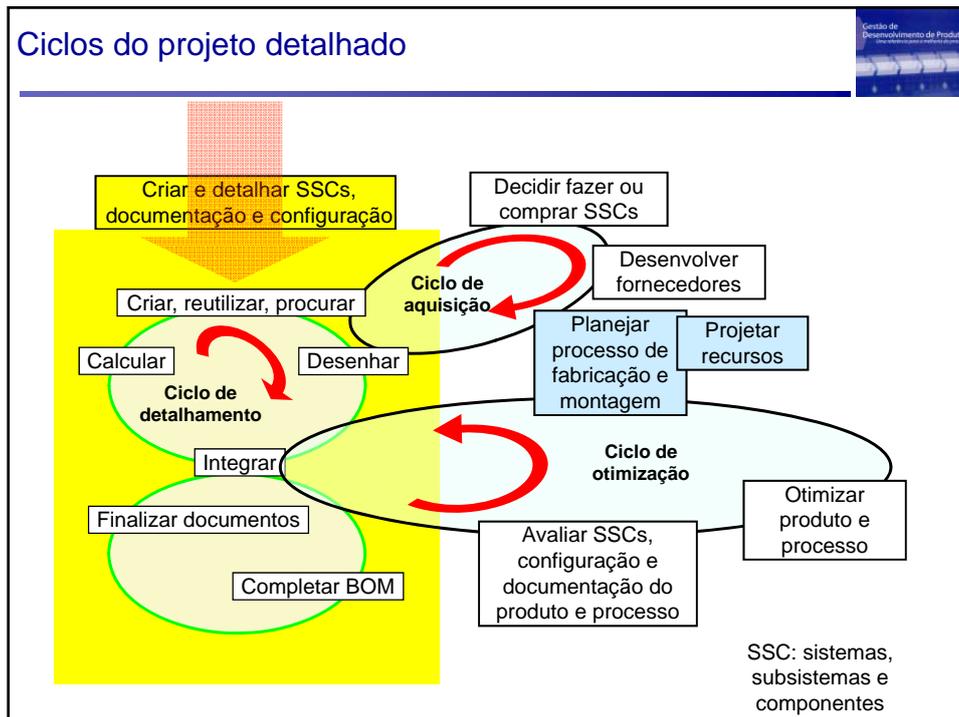
Gestão de Desenvolvimento de Produtos

Criar e detalhar itens e documentos

- Criar, reutilizar, procurar e codificar SSCs
- Calcular e desenhar os SSCs
- Especificar tolerâncias
- Integrar os SSCs
- Finalizar desenhos e documentos
- Configurar produto e completar a estrutura do produto
- Decidir fazer ou comprar SSCs
- Desenvolver fornecedores
- Planejar processo de fabricação e montagem
- Projetar recursos de fabricação
- Avaliar itens e documentos
- Otimizar produto e processo

Com este detalhamento

Essas atividades fazem parte dos ciclos de detalhamento e serão apresentadas “em conjunto”



Definição do termo “criar”

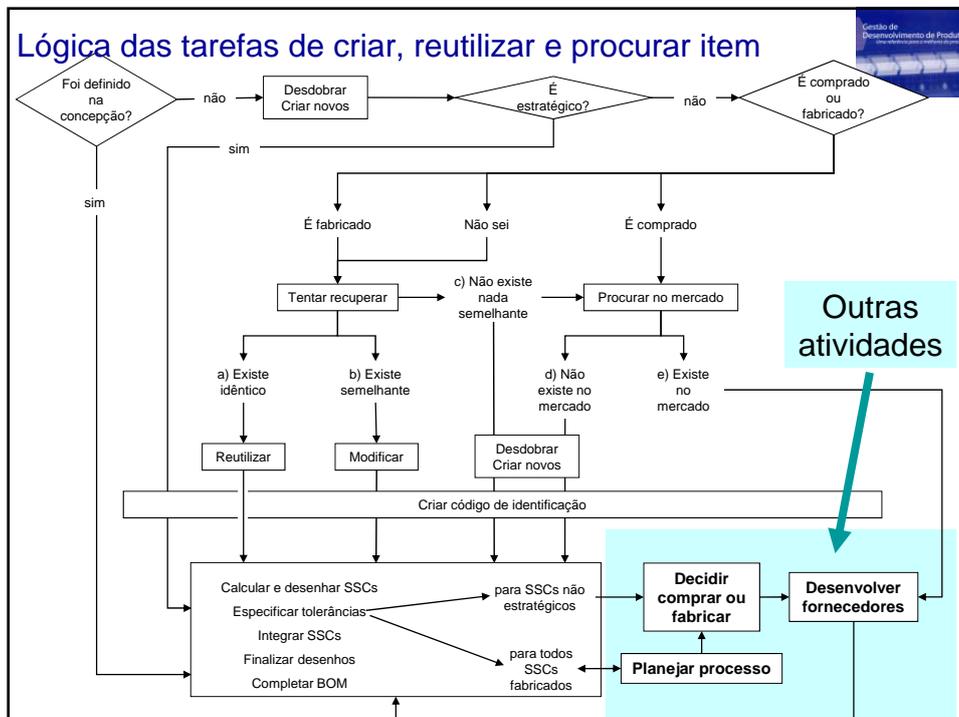
- Pode causar a impressão que até este ponto não existiam os SSCs
- Os principais SSCs são identificados no projeto conceitual, e, muitas vezes, criados durante aquela fase
- É comum que, no projeto conceitual, eles sejam somente identificados, e a continuidade da sua criação ocorra durante o projeto detalhado
- Existem casos em que a concepção é bem genérica e muitos SSCs são criados no projeto detalhado
- Criar compreende identificar, classificar e registrar o SSC na “base de dados” da empresa

Criar, reutilizar e procurar SSCs ocorrem ao mesmo tempo !!! (vide lógica)



- Recuperar da concepção ou do passado
- Tentar reutilizar ou modificar
- Tentar comprar item ou serviço de fabricação
- Acionar o ciclo de aquisição
- Criar os importantes e os mais viáveis
- Identificar e classificar

SSC: sistemas, subsistemas e componentes



Conceitos, métodos, técnicas e ferramentas importantes nesta atividade 3/5



- Identificação de itens (quadro 8.9)
- Classificação de itens (quadro 8.6)
 - ênfase na época da Tecnologia de Grupo (TG) nos anos 1960
 - TG agrupa objetos para: aproveitar as vantagens de suas similaridades e reduzir proliferação desnecessária; reduzir tempos de setup (na manufatura); formar família de componentes e células de manufatura; recuperar e reutilizar informações etc.
 - Sistemas de Codificação e Classificação (SCC) do passado não eram flexíveis e sua aplicação era muito complexa (muitos dígitos e código dependia da pessoa).
 - SSCs foram substituídos por base de dados flexíveis e cadastro de categorias
 - códigos atuais de poucos dígitos, associados com atributos de base de dados
- Padronização de projeto (quadro 8.8)
- Sistemas CSM (Component and Supplier Management), catálogos na internet e *e-procurement* (quadro 8.7)

Conceitos, métodos, técnicas e ferramentas importantes nesta atividade 4/5



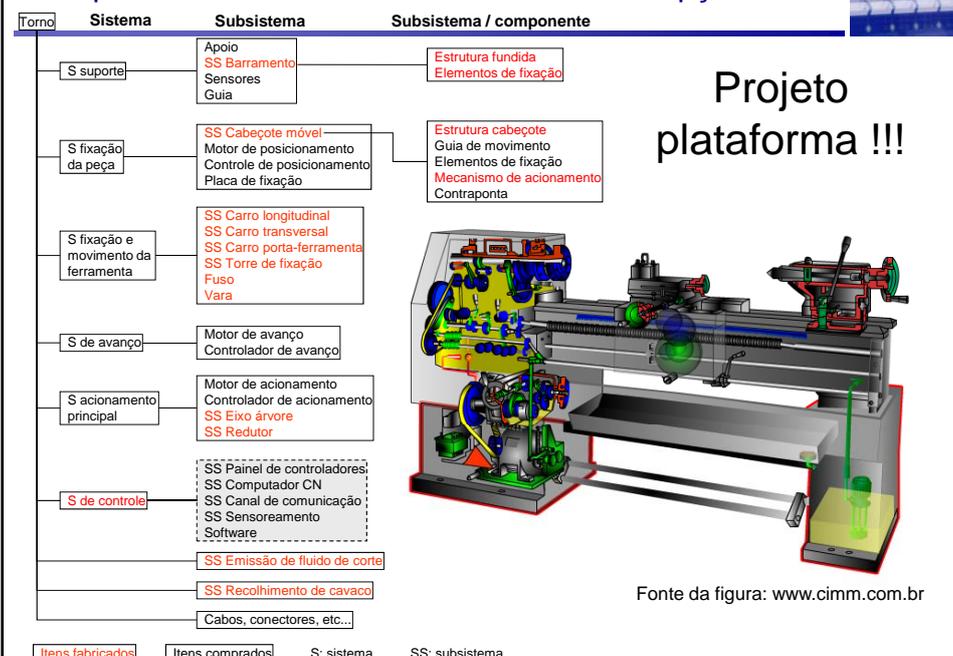
- Identificação de itens (quadro 8.9)
- Classificação de itens (quadro 8.6)
- Padronização de projeto (quadro 8.8)
 - existem vários padrões e normas e as empresas podem definir os seus padrões
 - por exemplo, definir uma lista de componentes, materiais, dimensões e características preferenciais a serem adotadas (veja DFM)
 - diminui a variabilidade de itens comprados, e, portanto, o seu estoque.
 - melhora da qualidade, pois utiliza práticas consagradas pela empresa
 - maior confiabilidade, reduzindo os riscos de falhas, pois utiliza especificações mais estudadas e já experimentadas
 - maior intercambiabilidade, resultante da padronização de componentes e de processos de fabricação
- Sistemas CSM (Component and Supplier Management), catálogos na internet e *e-procurement* (quadro 8.7)

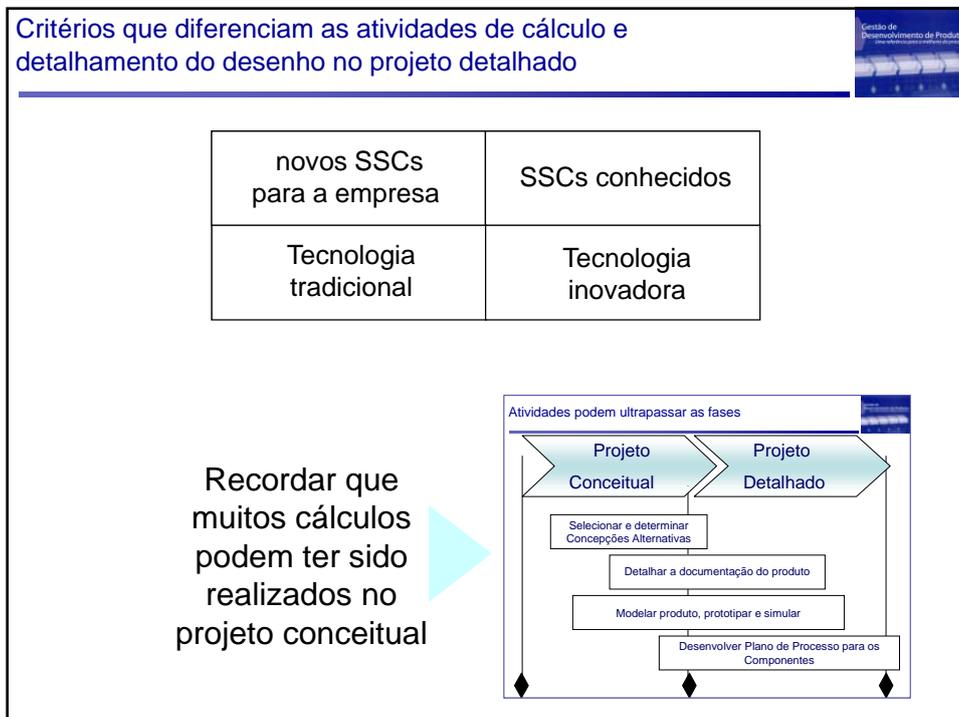
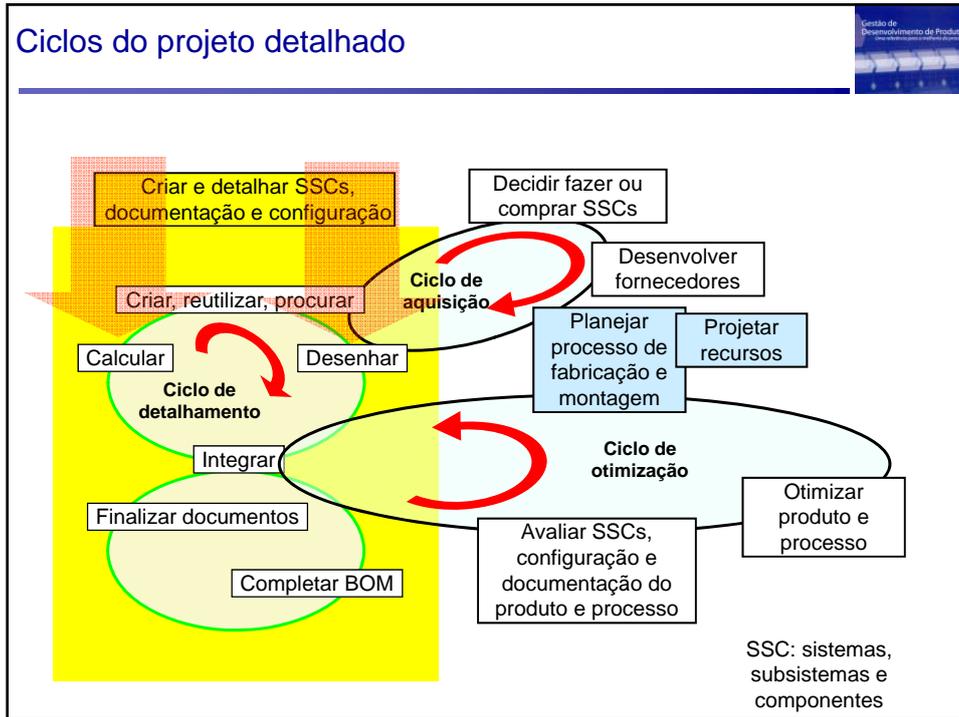
Conceitos, métodos, técnicas e ferramentas importantes nesta atividade 5/5

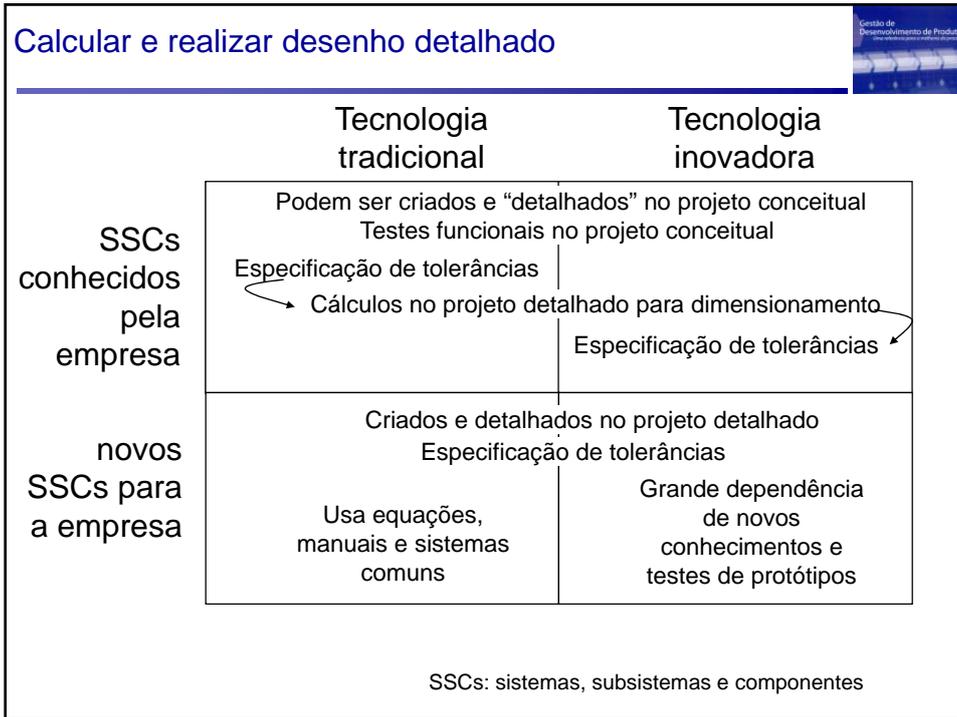


- Identificação de itens (quadro 8.9)
- Classificação de itens (quadro 8.6)
- Padronização de projeto (quadro 8.8)
- Sistemas CSM (Component and Supplier Management), catálogos na internet e *e-procurement* (quadro 8.7)
 - trata de software e conceito;
 - questão básica: existe algum item (SSC) que pode ser reutilizado e satisfaça os requisitos do produto ? É um item interno ou fornecido por terceiros?
 - sistemas CSM permitem classificar os itens de uma forma flexível; padronizá-los; gerenciar um cadastro de fornecedores potenciais, acessando seus catálogos de produtos; e recuperar essas informações de forma flexível
 - sistemas de e-procurement apóiam a compra de quaisquer tipos de itens, mas estão mais voltados para as questões burocráticas, comerciais, e financeiras

Exemplo de uma estrutura resultante da concepção







Exemplo de cálculo de componente padrão

Para alguns componentes, a tecnologia é tradicional e existe conhecimento acumulado e sistematizado e podemos calcular com base em padrões

É caso de rolamentos, por exemplo

The screenshot shows a software window titled 'SSCP' with a 'Bearing file' section. It includes a table of bearing specifications and a 'Calculate' button. The table lists various bearing types and their dimensions.

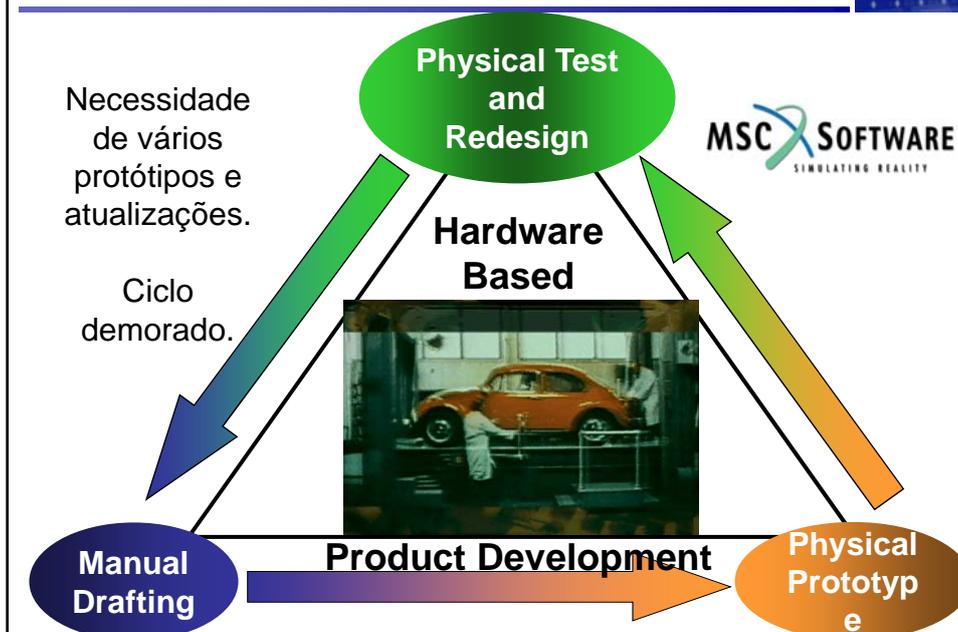
| NU | NJ | N201 | N202 | N203 | N204 | N205 | N206 | N207 | N208 | N209 | N210 | N211 | N212 | N213 | N214 | N215 | N216 | N217 | N218 | N219 | N220 | N221 | N222 | N223 | N224 | N225 | N226 | N227 | N228 | N229 | N230 | N231 | N232 | N233 | N234 | N235 | N236 | N237 | N238 | N239 | N240 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 | 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 | 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 | 141 | 142 | 143 | 144 | 145 | 146 | 147 | 148 | 149 | 150 | 151 | 152 | 153 | 154 | 155 | 156 | 157 | 158 | 159 | 160 | 161 | 162 | 163 | 164 | 165 | 166 | 167 | 168 | 169 | 170 | 171 | 172 | 173 | 174 | 175 | 176 | 177 | 178 | 179 | 180 | 181 | 182 | 183 | 184 | 185 | 186 | 187 | 188 | 189 | 190 | 191 | 192 | 193 | 194 | 195 | 196 | 197 | 198 | 199 | 200 |

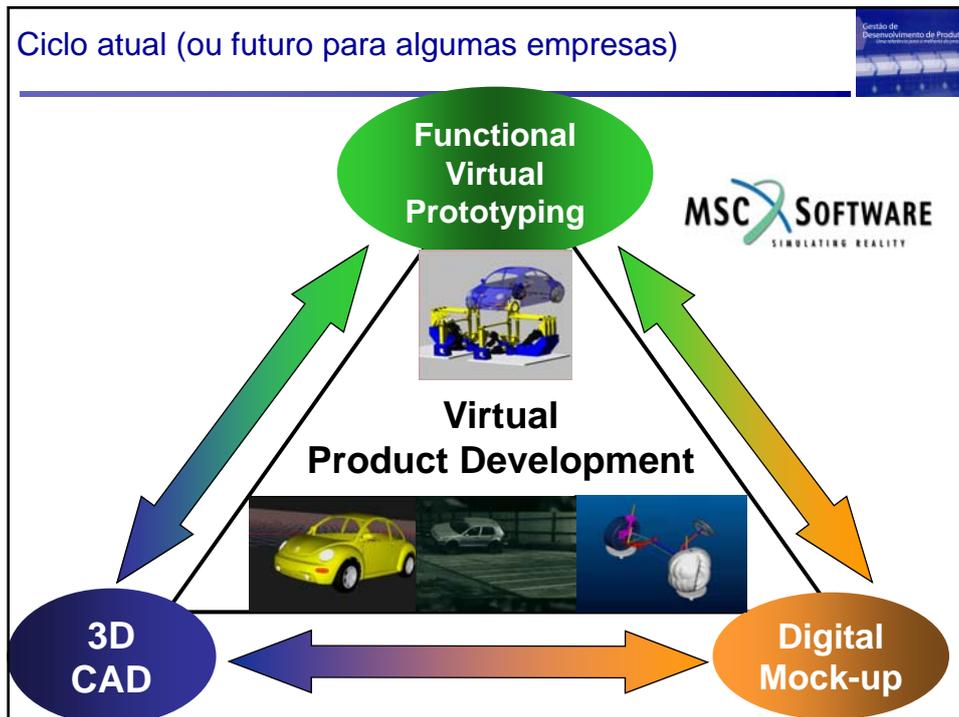
Utilização de sistemas CAD / CAE / CAM na fase de projeto detalhado



- Esses sistemas já estão sendo utilizados desde o projeto conceitual
- Existem diversos tipos de softwares
- Protótipo digital, manufatura virtual e simulação virtual do produto e sua aplicação traz enorme retorno
- Importante a integração com os demais sistemas da empresa
- Aumenta a padronização
- Estude quadro 8.11

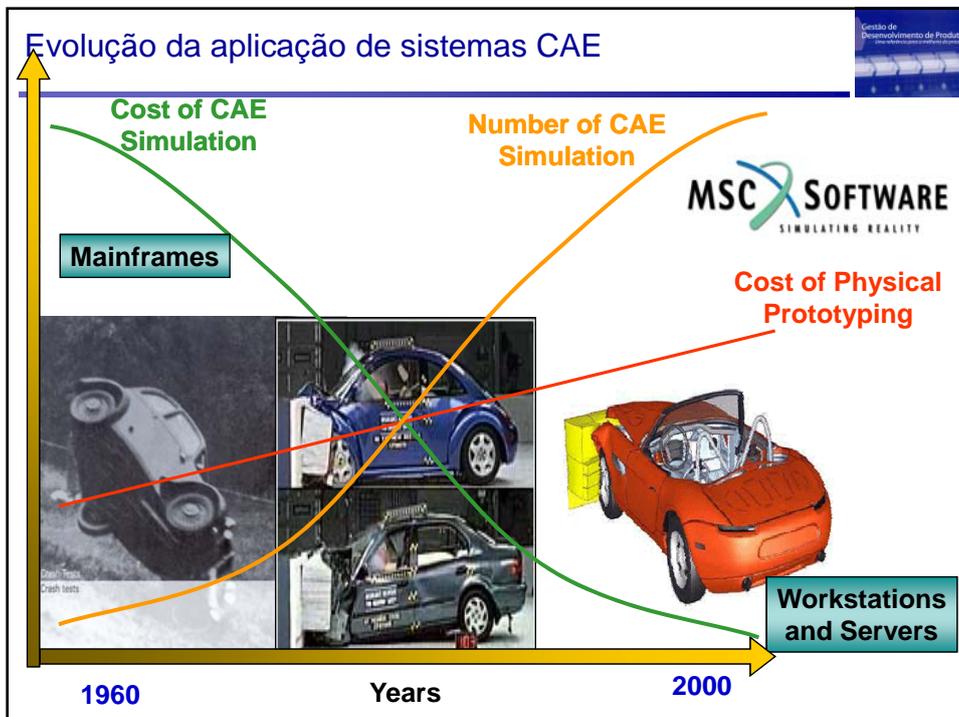
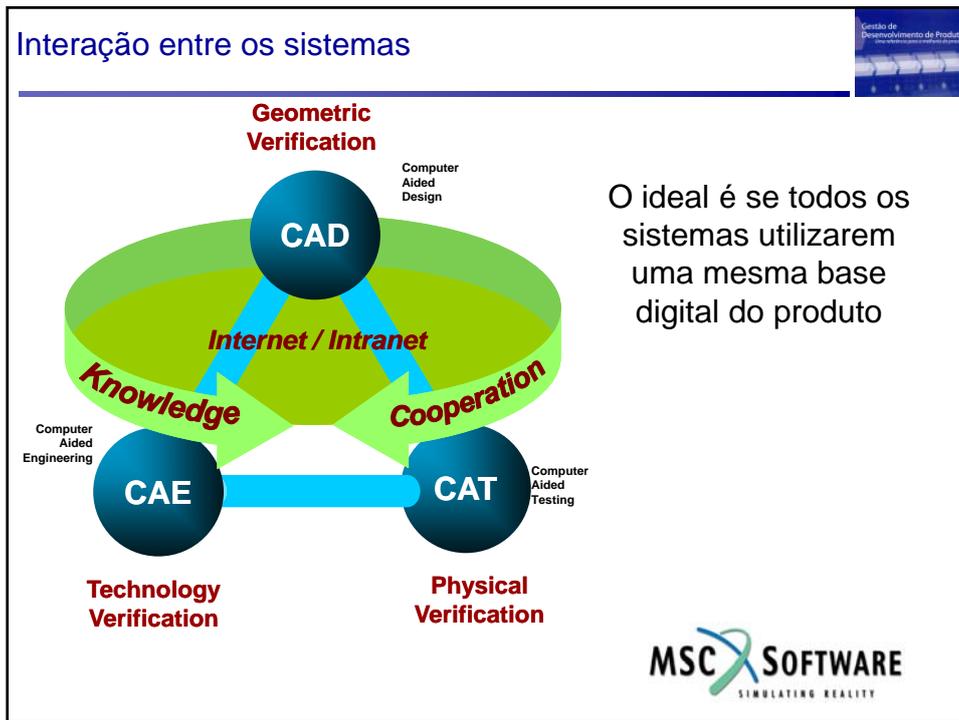
Ciclo de desenvolvimento no passado





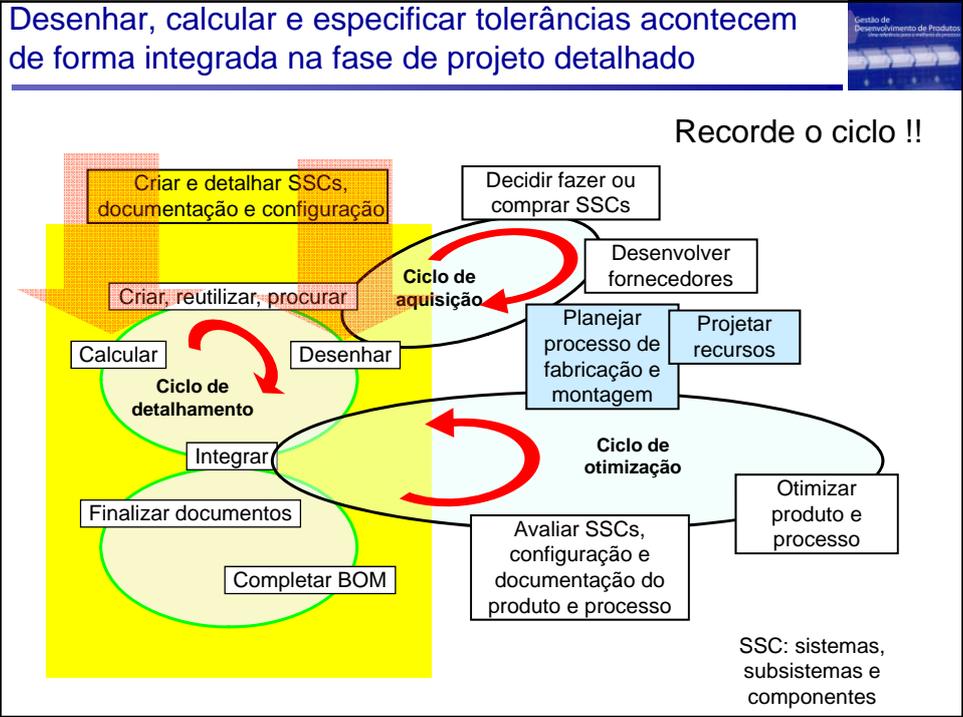
Comentarios sobre a prototipagem virtual e utilização de sistemas CAD / CAE

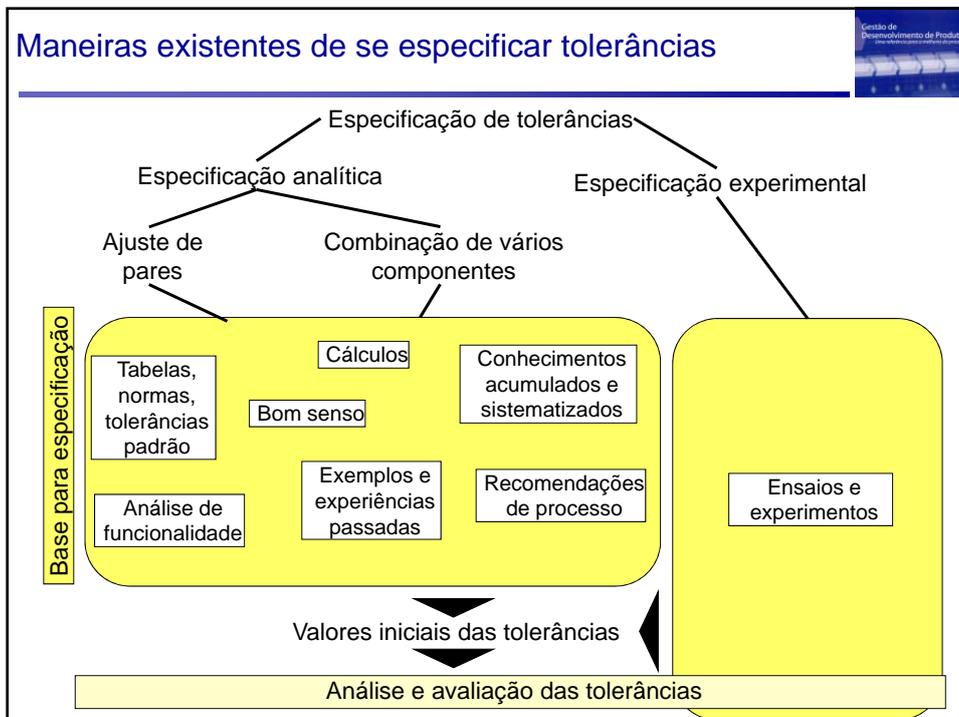
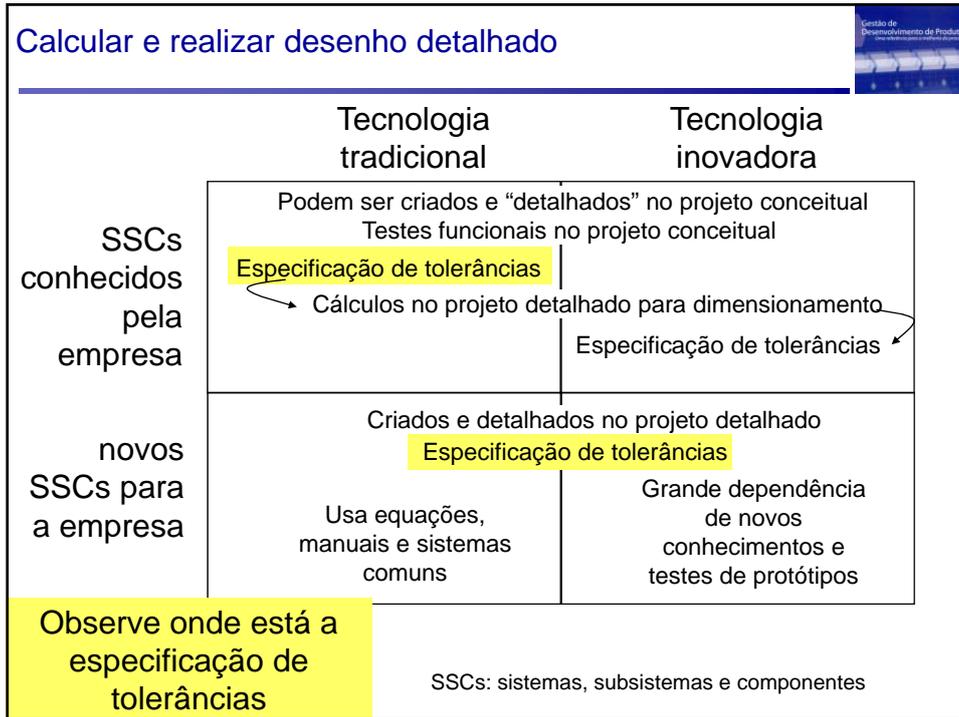
- Protótipos físicos ainda são necessários para validar o protótipo virtual ...
- ... mas somente para os testes finais
- Com o tempo aumenta a confiabilidade dos modelos digitais, diminui a quantidade de iterações
- A base do desenvolvimento de produtos virtual (Virtual Product Development) é uma base digital única (se possível - vide próximo slide) do produto.
- Economiza tempo, aumenta a qualidade e permite testar inovações
- Para processo é bi-direcional (protótipos e detalhamento)



Exemplos de aplicação dos sistema CAD / CAE

Apresentar filmes de sistemas CAE



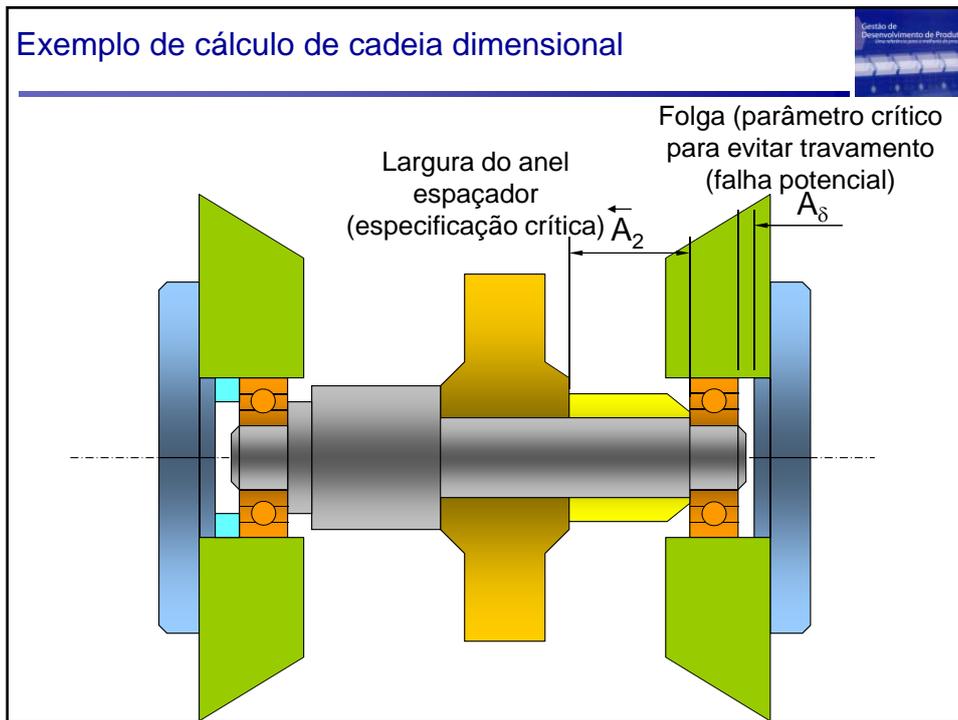


Especificação analítica de tolerâncias

- Utilizar normas para a especificação de tolerâncias dimensionais de pares conhecidos como:
 - Rolamento e eixo
 - Rolamento e furo de carcaça
 - Engrenagem e eixo com chaveta
 - etc.
- As tolerâncias de face resultam de cadeias dimensionais
- Inicia-se nesta atividade e termina após a avaliação dos componentes (podendo também ser verificada por meio de ensaios)

Classes de ajuste segundo a norma “NBR 6158 – 1995 – Sistemas de tolerâncias e ajustes” (ABNT)

| | | | | | | |
|---------------|-------|-------|-----|-----|-----|-----------|
| eixo-base (h) | A B C | D E F | G H | J K | M N | PRSTUVX |
| furo-base(H) | a b c | d e f | g h | j k | m n | pqrstuvxz |



Tolerâncias geométricas

- Deve-se ainda especificar as tolerâncias geométricas, pois:
 - Tolerâncias dimensionais são insuficientes para garantir qualidade (interpretação)
 - Econômicas, devido ao aumento de tolerâncias de fabricação
 - Assegura uma especificação exata
 - Garante a intercambialidade
 - Fornece uniformidade aos desenhos, evitando controvérsias
- Tolerância de forma e posição
- Ligação entre tolerância geométrica e dimensional
- Rugosidade

Gestão de Desenvolvimento de Produtos

Tipos de tolerâncias de forma e posição

NBR 6409 - Tolerâncias de forma e Posição (ABNT)

Para especificação de rugosidade (NBR 6405 - Rugosidade de Superfícies - ABNT)

| | Tipo de Tolerância | Características | Símbolo |
|--|--------------------|--------------------------|---------|
| Para características individuais | Forma | Retilidade | — |
| | | Planicidade | |
| | | Circularidade | ○ |
| | | Cilindricidade | |
| Para características individuais ou relacionadas | Perfil | Perfil de uma linha | |
| | | Perfil de uma superfície | |
| Para características relacionadas | Orientação | Angularidade | |
| | | Perpendicularismo | |
| | | Paralelismo | |
| | Localização | Posição | |
| | | Concentricidade | |
| | Batida | Batida Circular | |
| Batida total | | | |

Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)

- Combina as tolerâncias dimensionais com as de forma
- Linguagem precisa que descreve a dimensão, forma, orientação e localização dos elementos geométricos em um componente
- Conceito que permite que os projetistas definam o componente com base na sua funcionalidade no produto final
- As tolerâncias atribuídas aos parâmetros dos componentes são maiores, diminuindo os custos de fabricação

Quadro 8.12

Exemplos de especificação com GD&T

$20 \pm 0,05$

$20 \pm 0,05$

O Centro estará em:

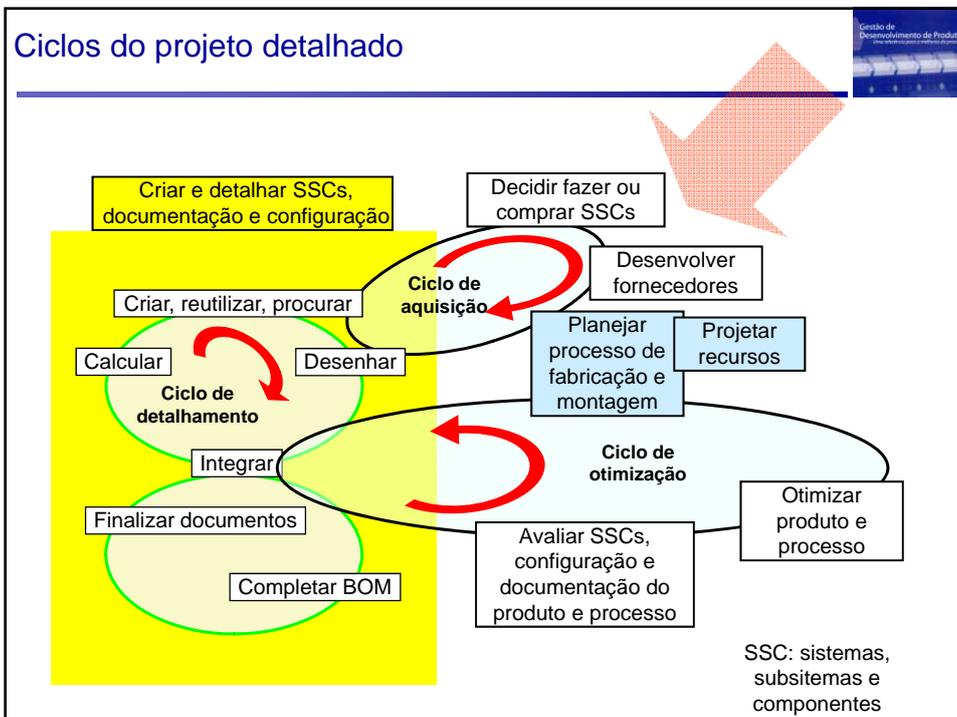
$0,07 \sqrt{A,B}$

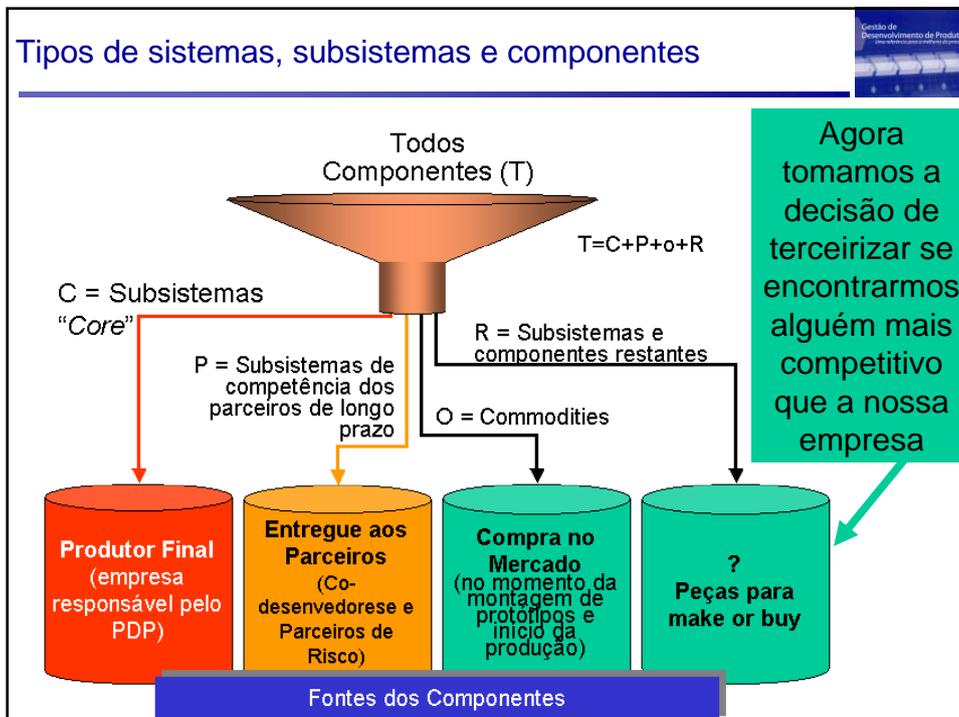
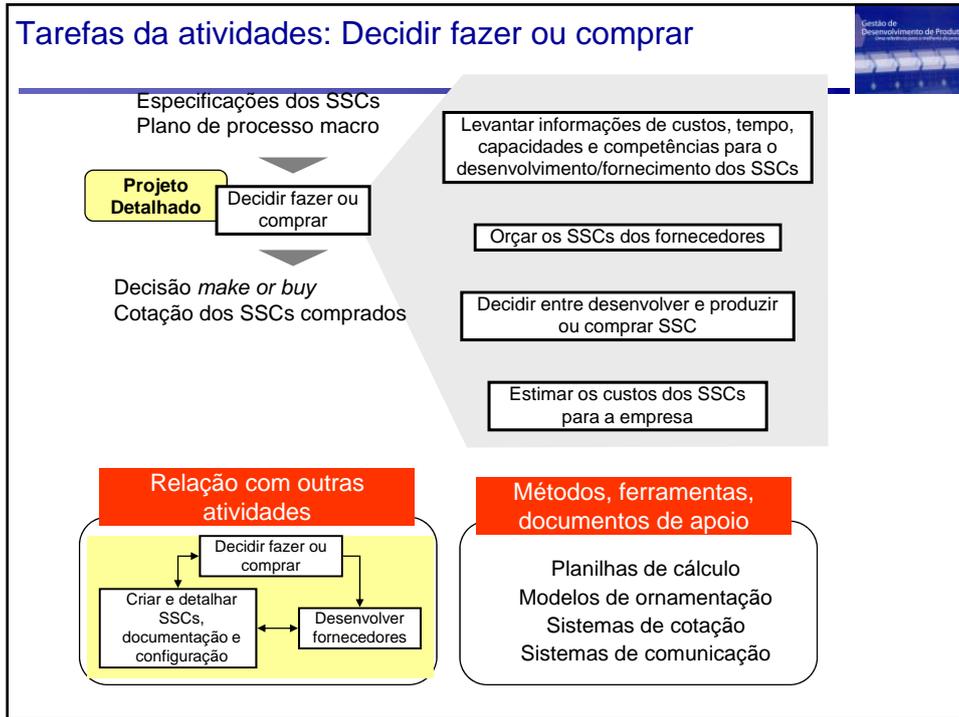
O Centro estará em:

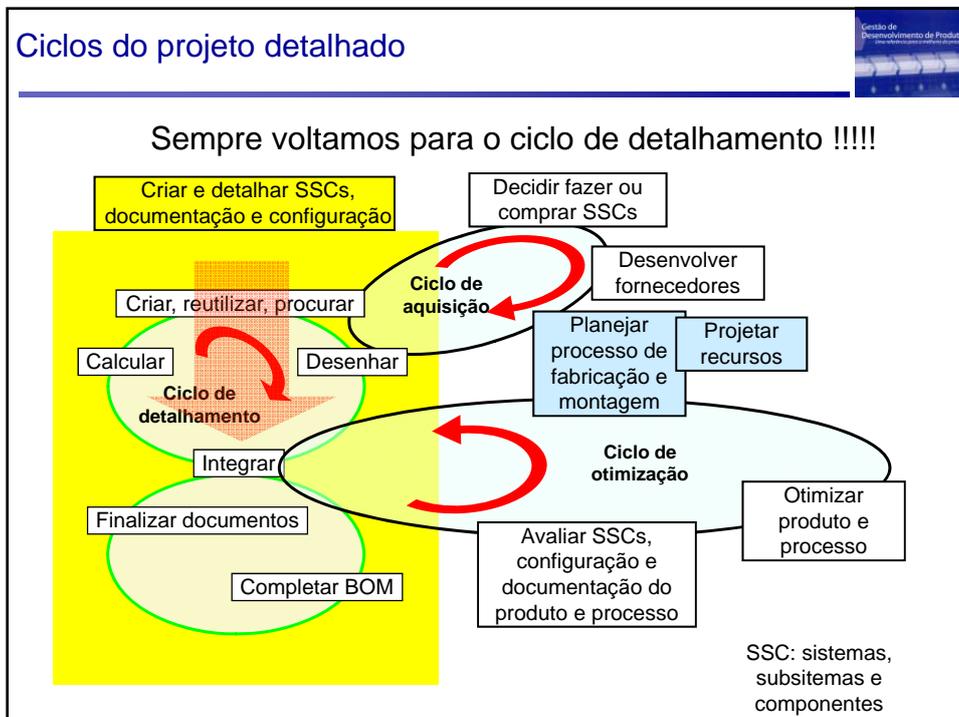
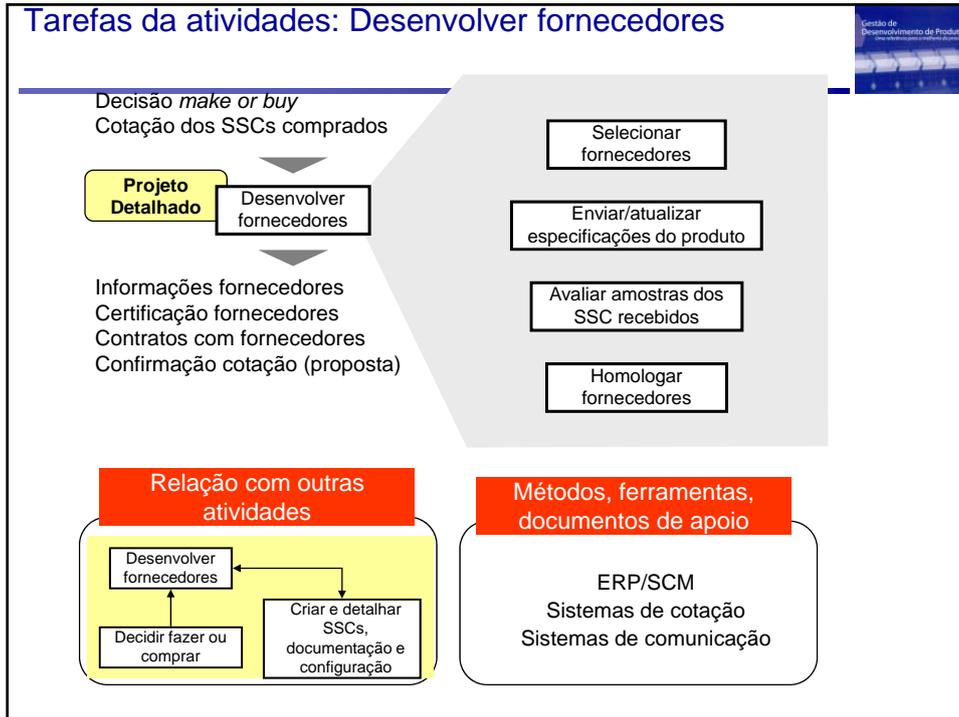
$[-] 0,2 \text{ M}$

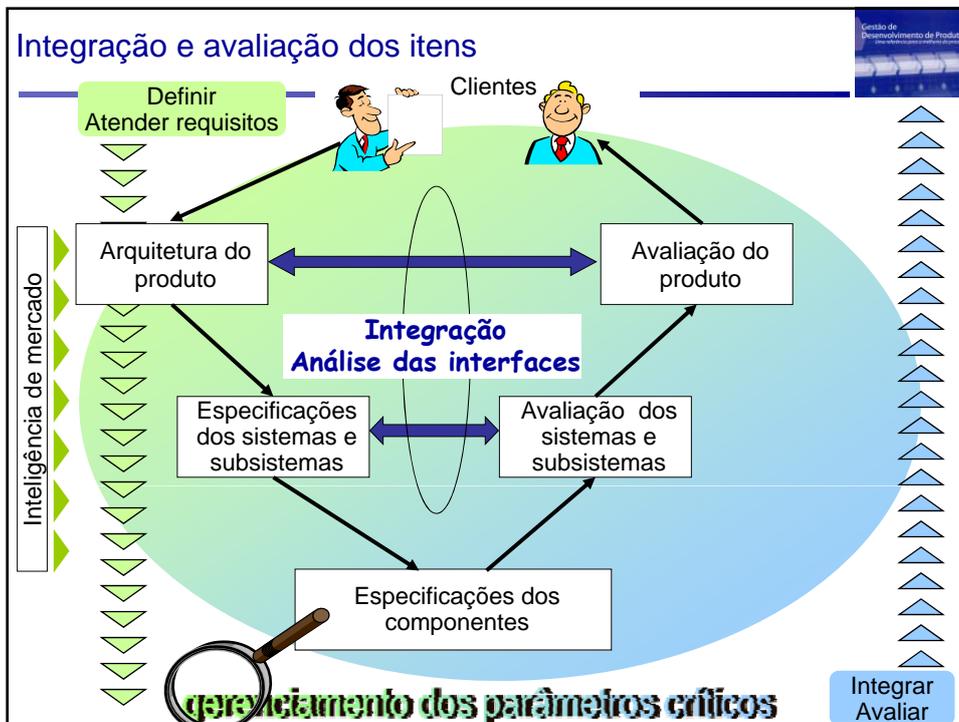
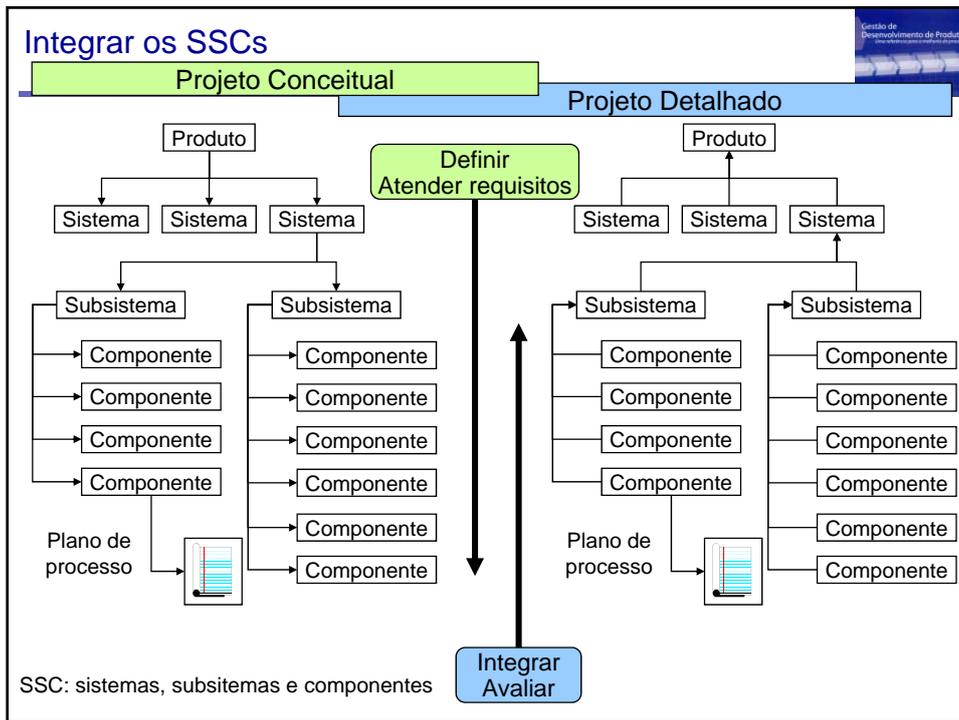
$\phi 20 \pm 0,4$

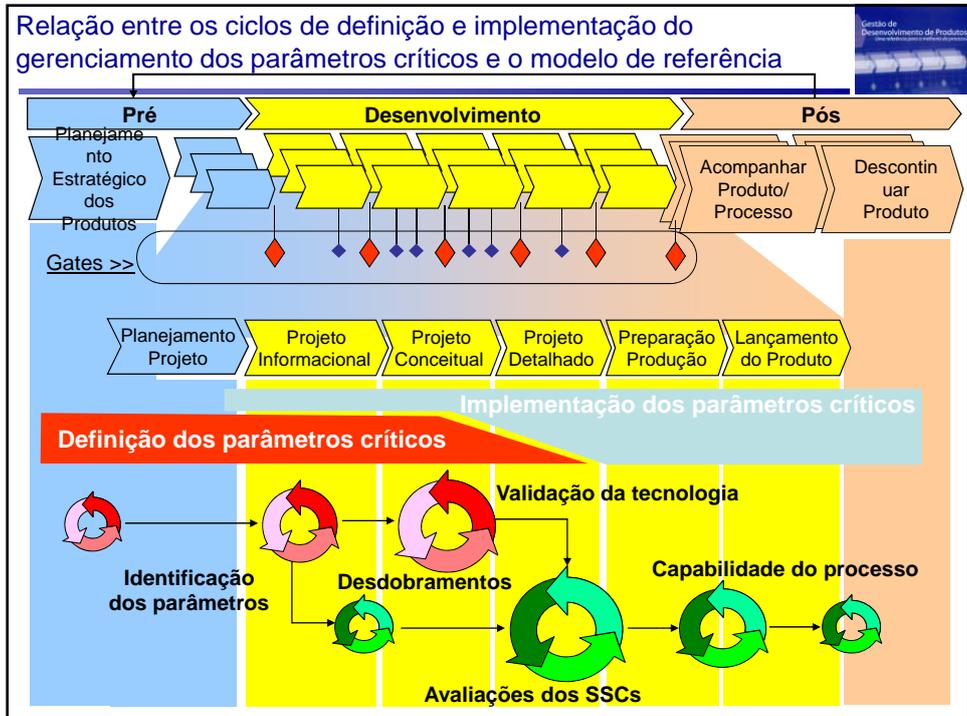
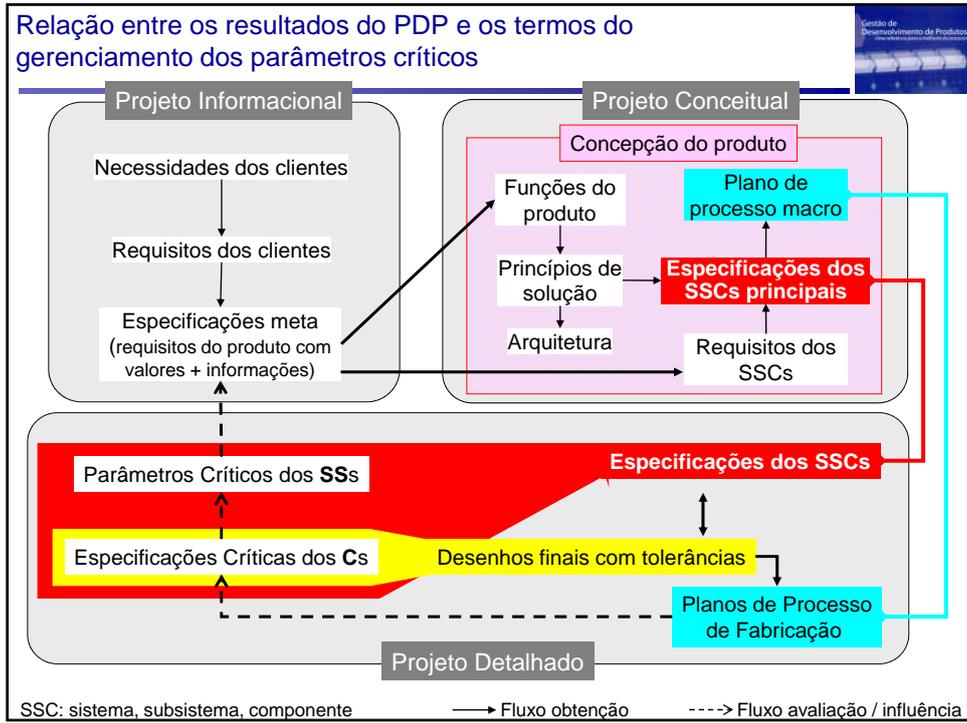
| ϕ | tolerância |
|--------|------------|
| 20,4 | 0,2 |
| 20,0 | 0,4 |
| 19,6 | 1,0 |

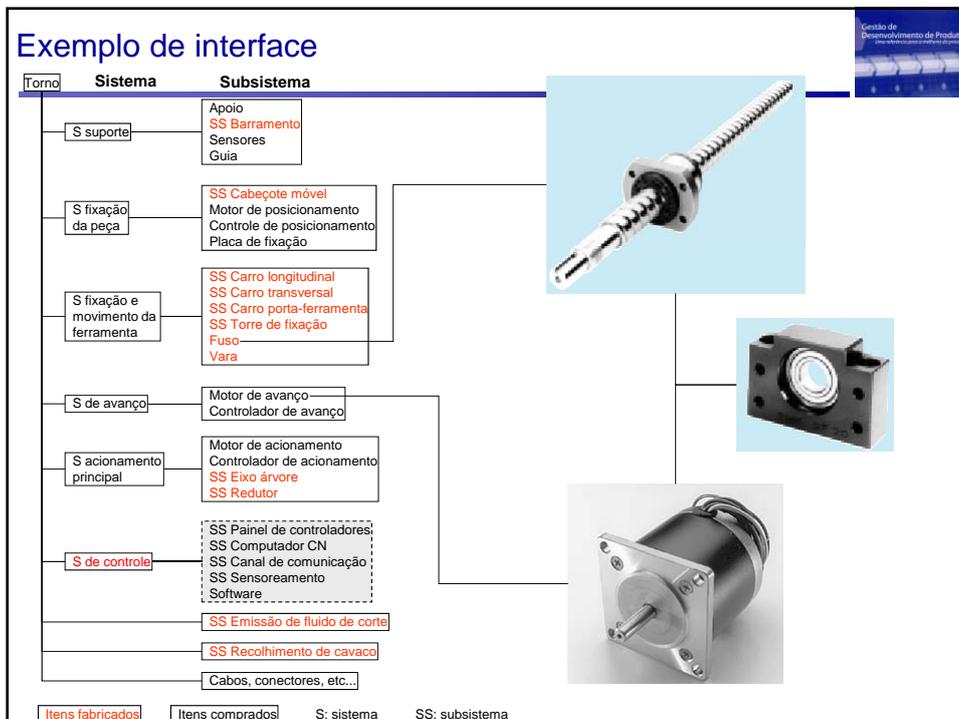
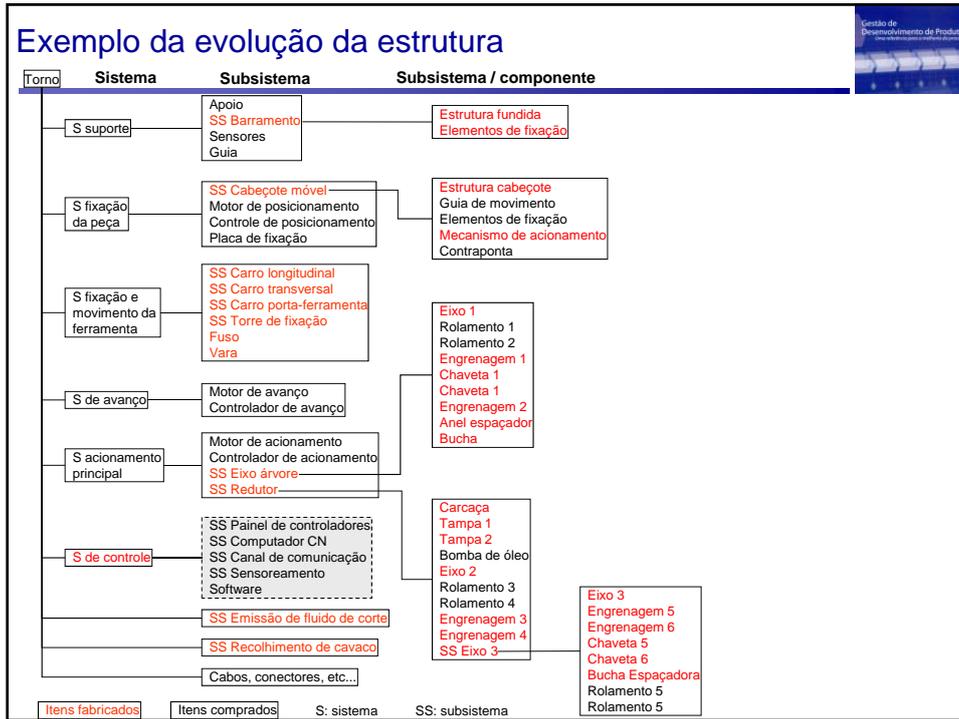


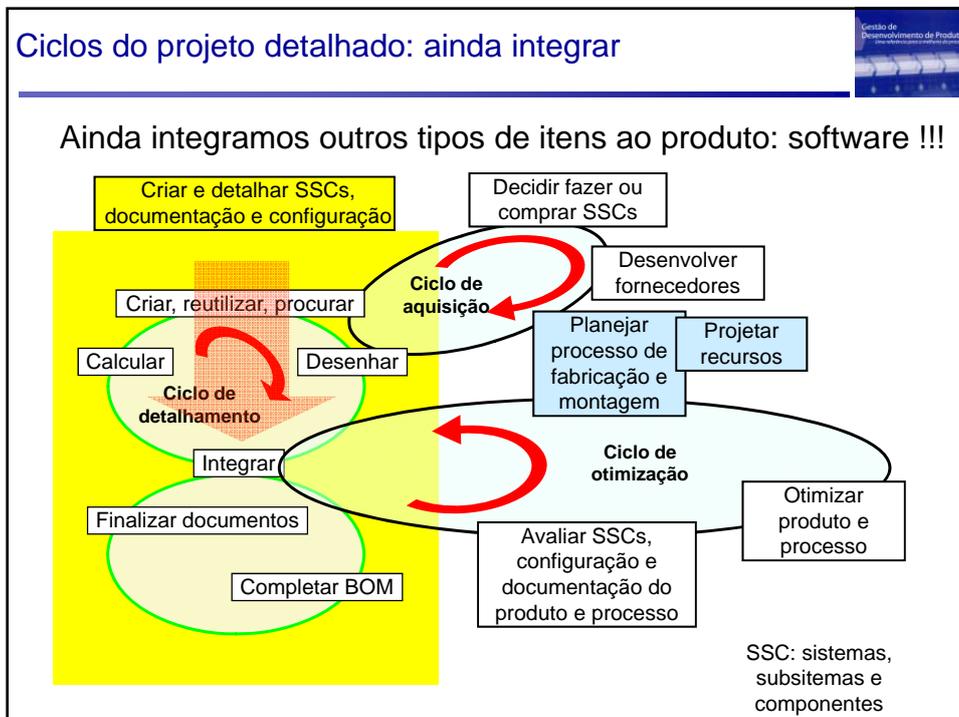
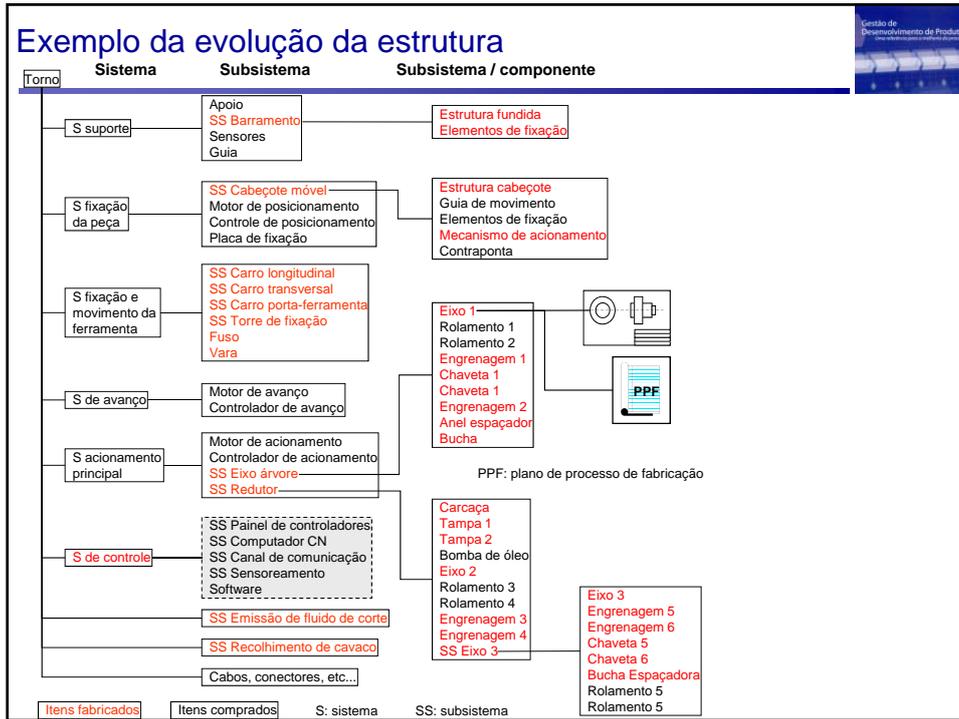


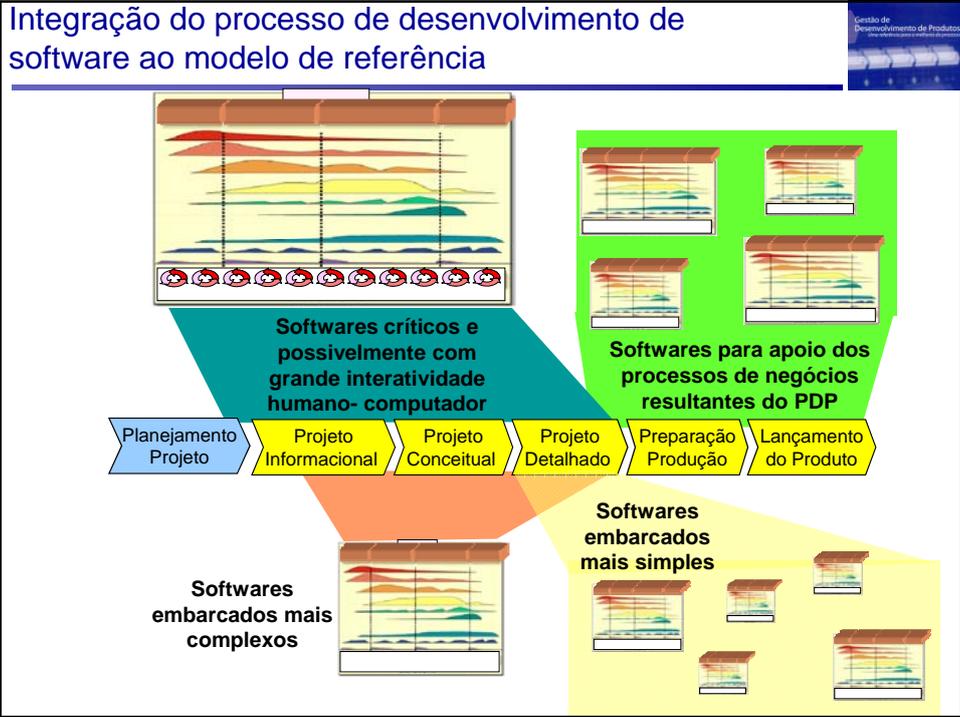
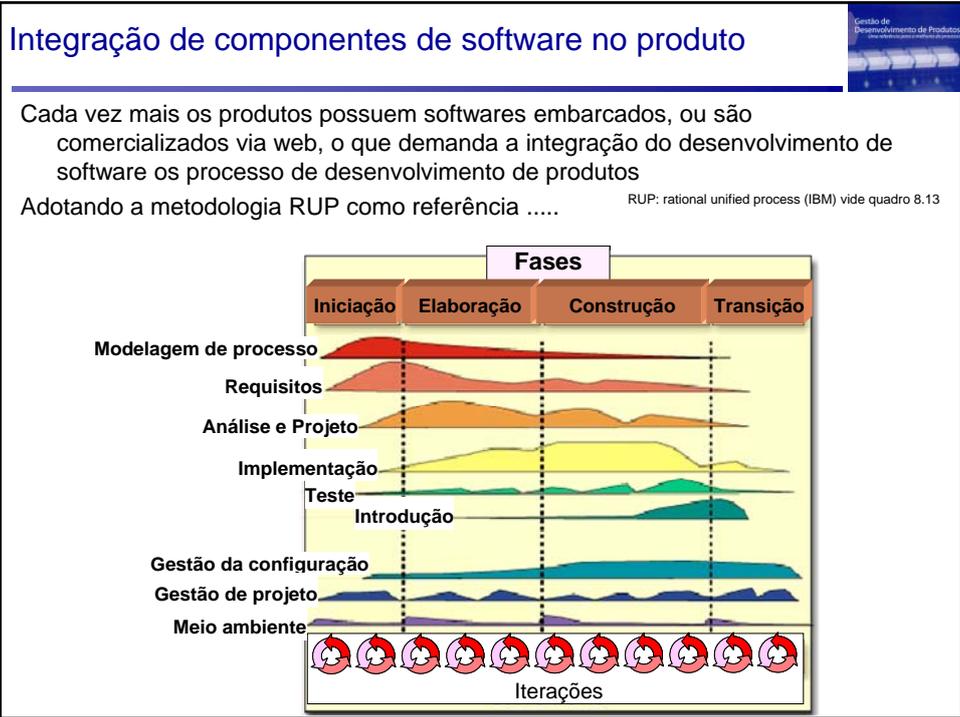


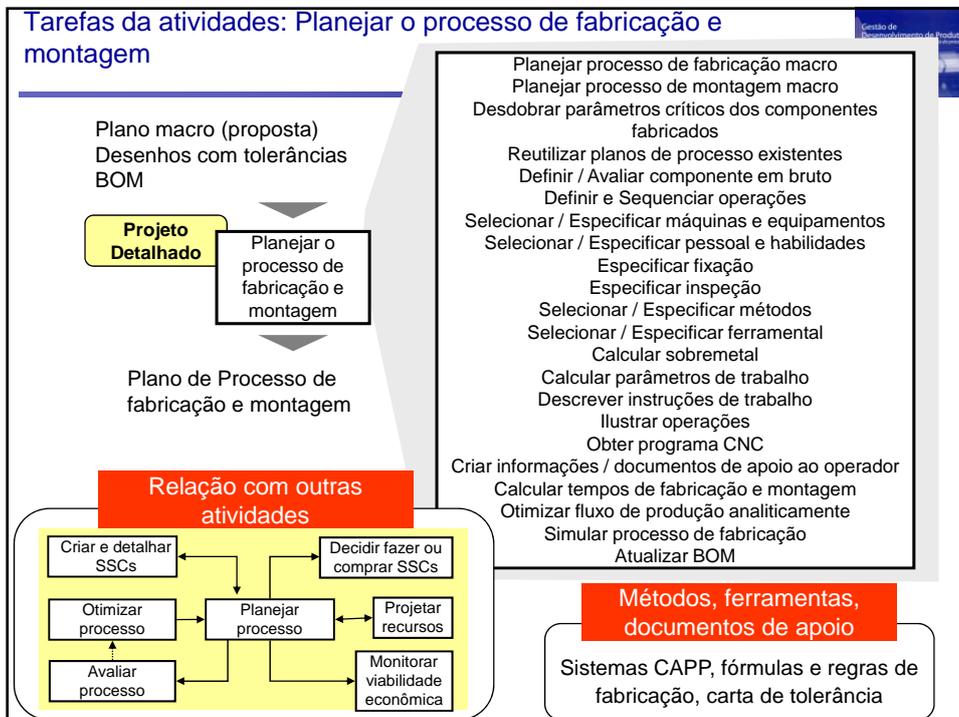
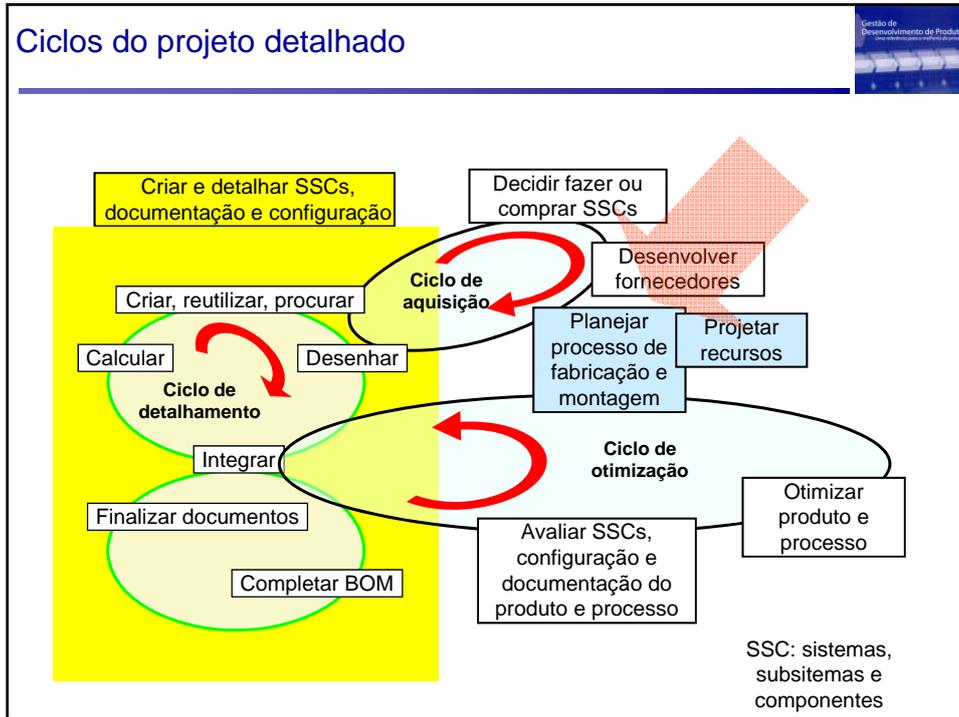


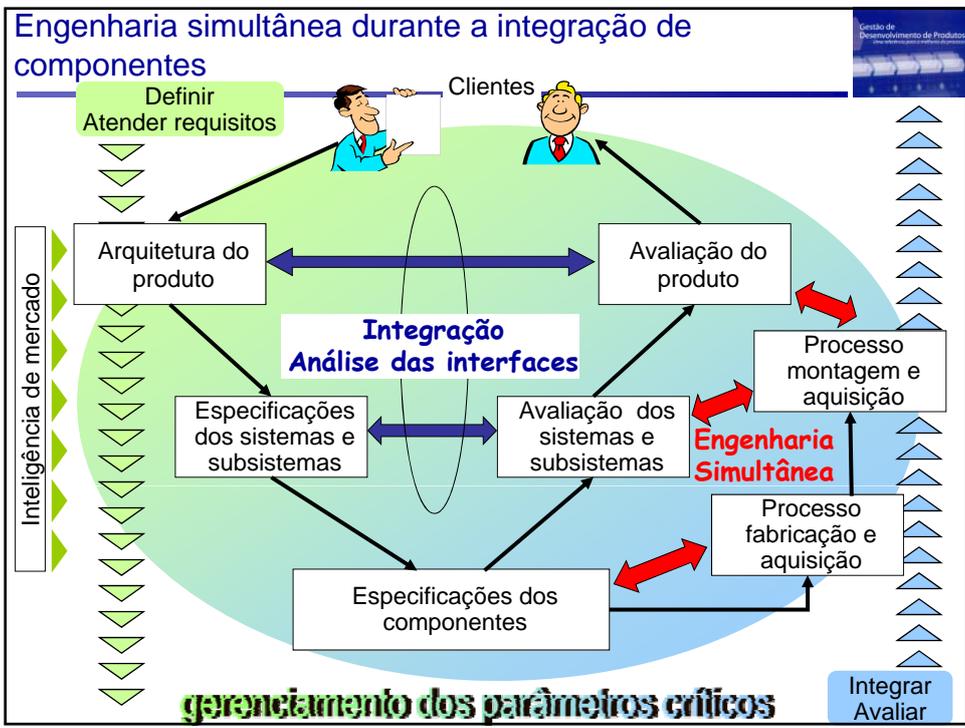
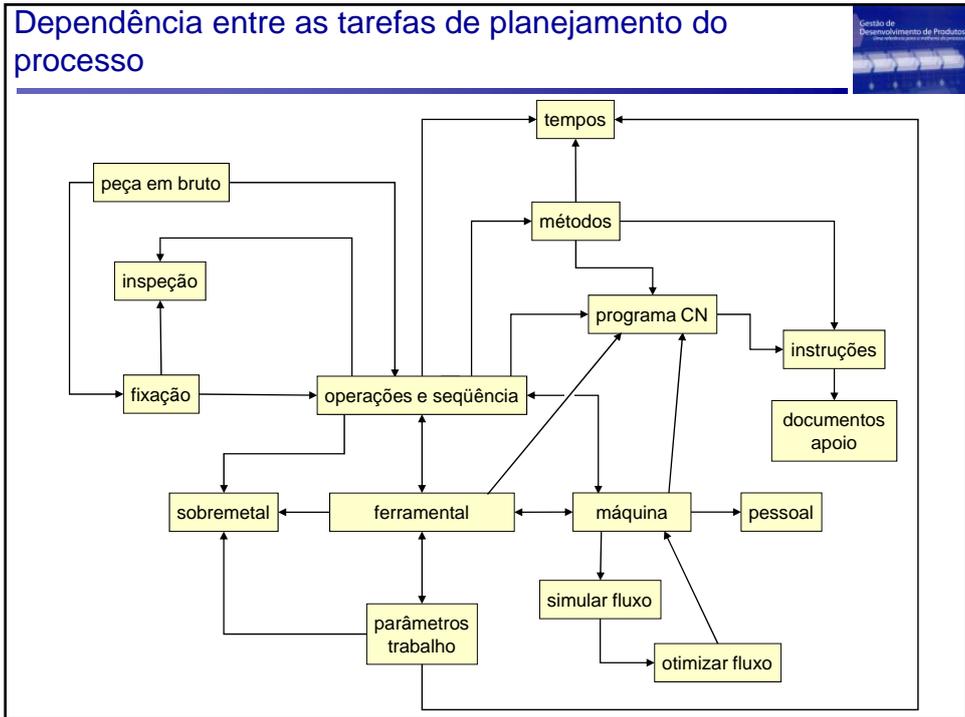




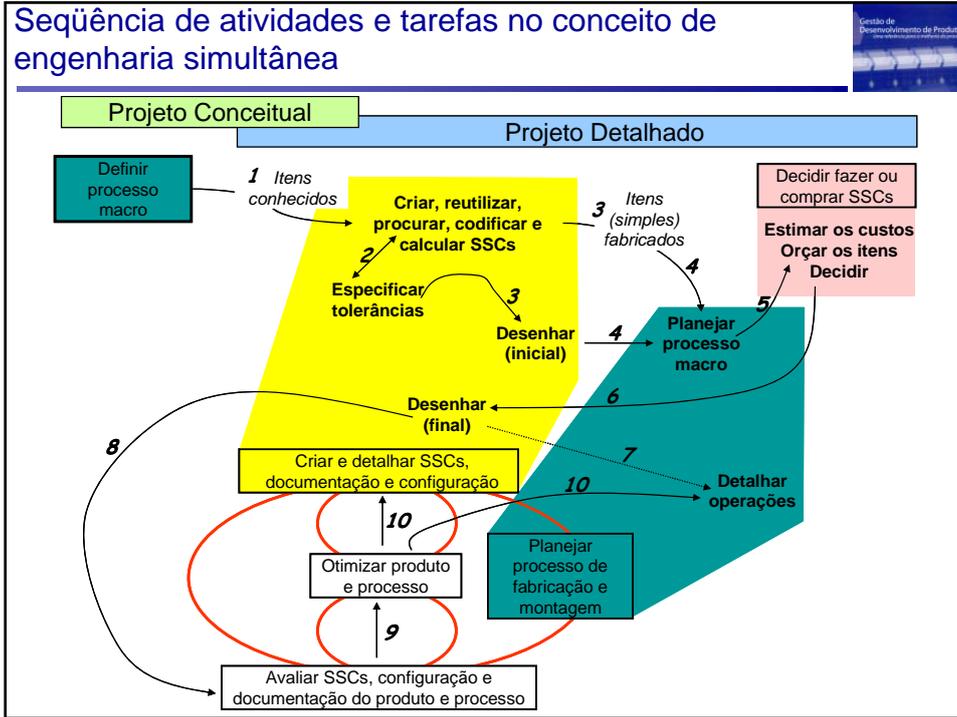




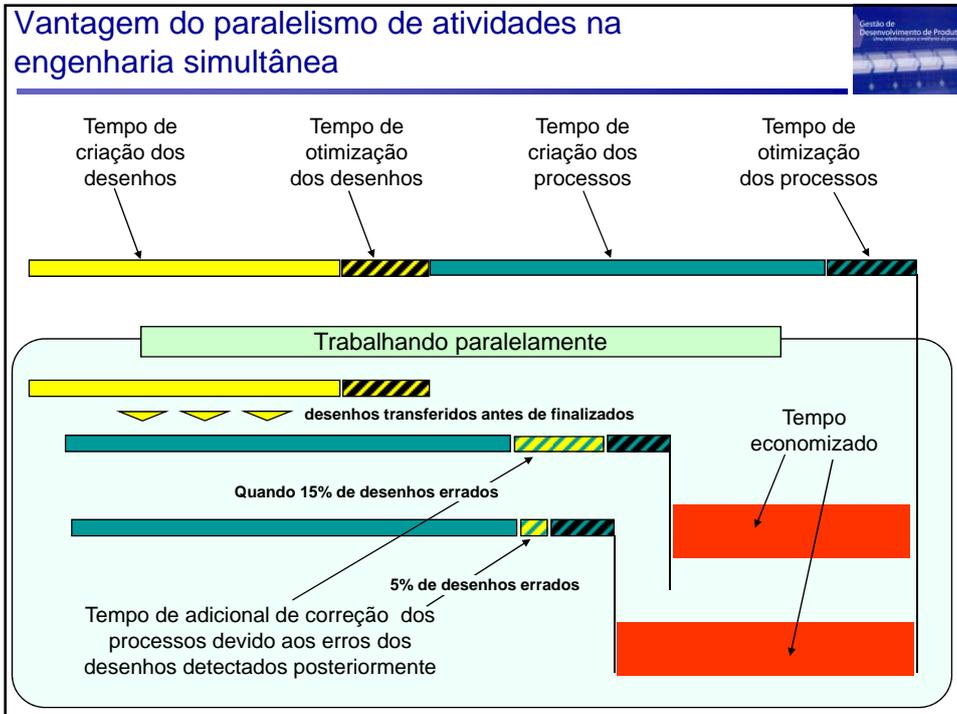


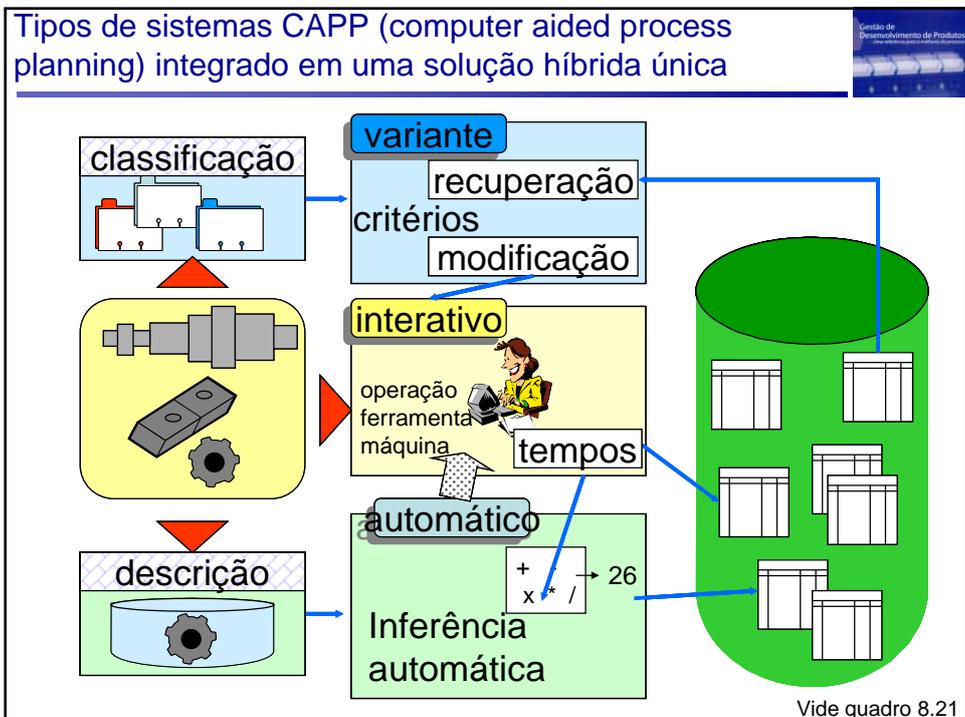
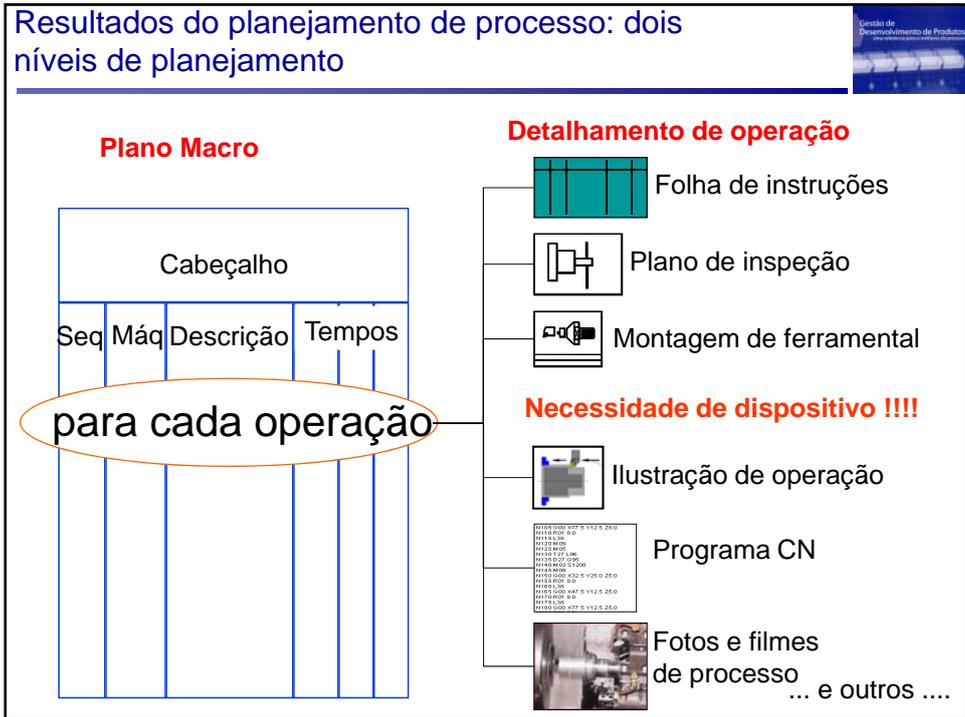


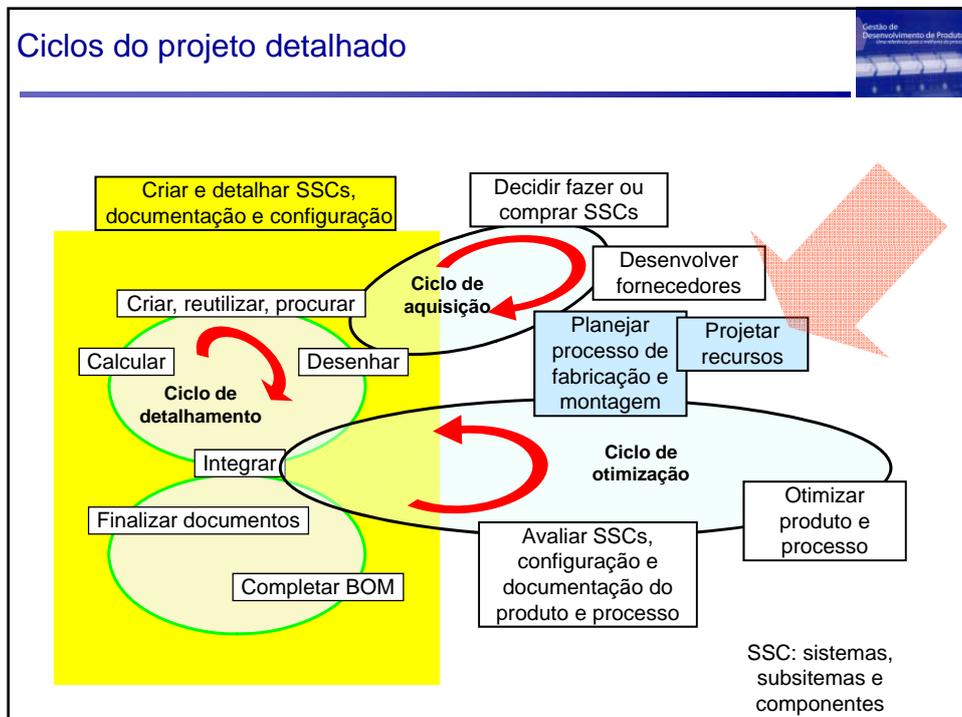
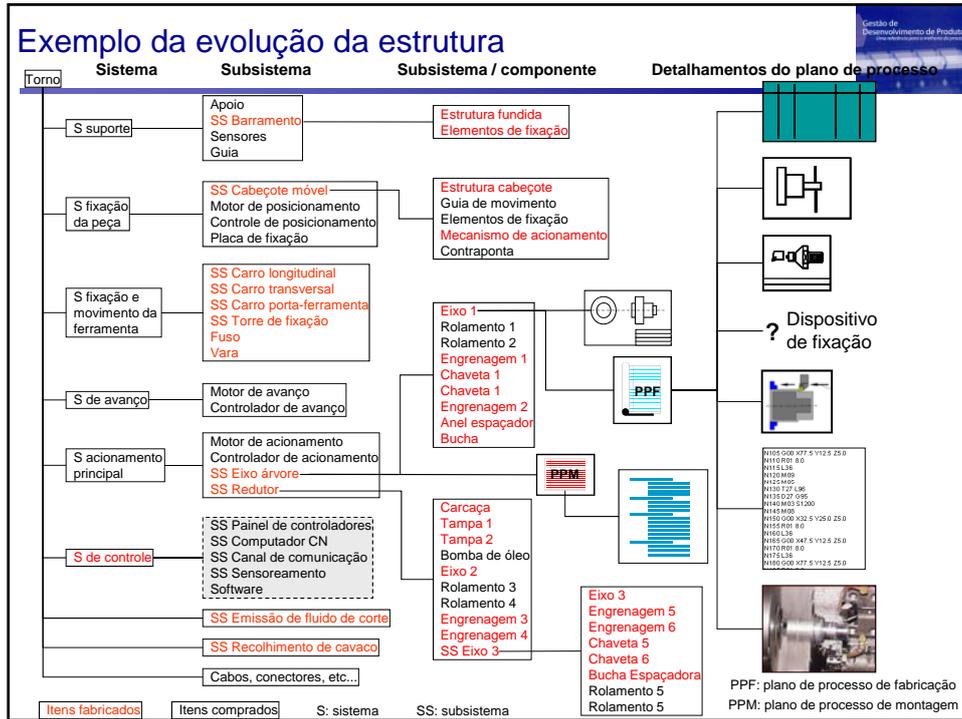
Seqüência de atividades e tarefas no conceito de engenharia simultânea



Vantagem do paralelismo de atividades na engenharia simultânea

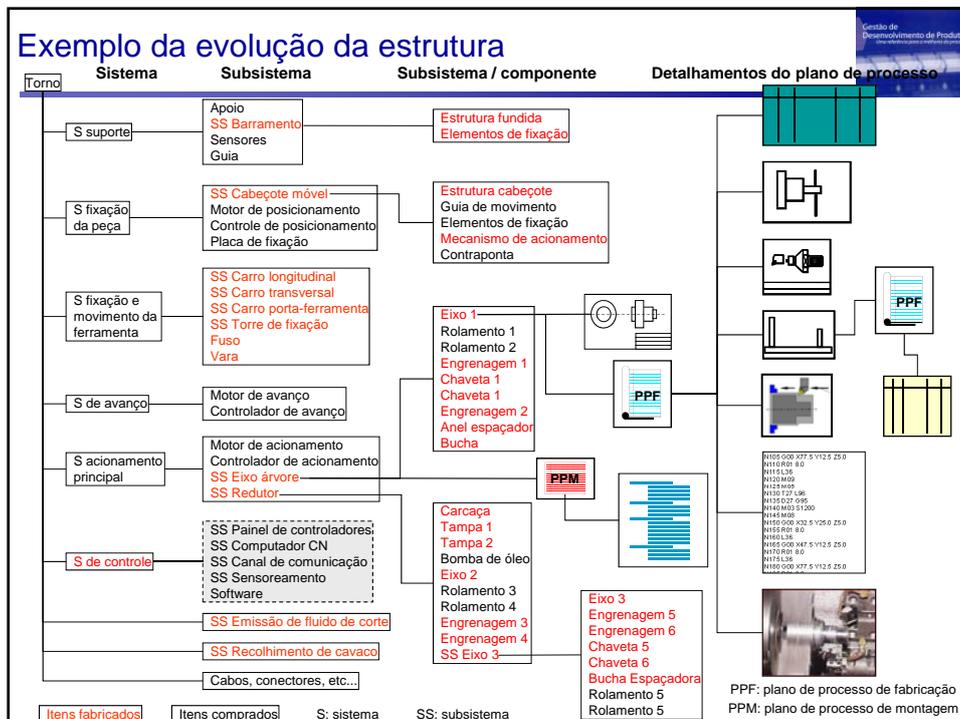


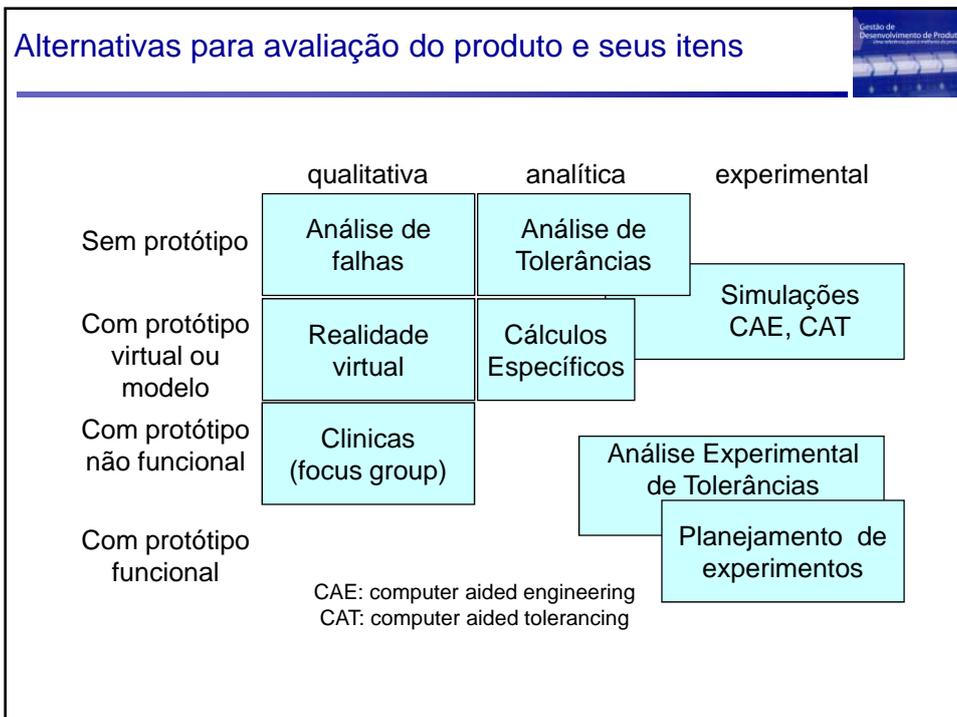
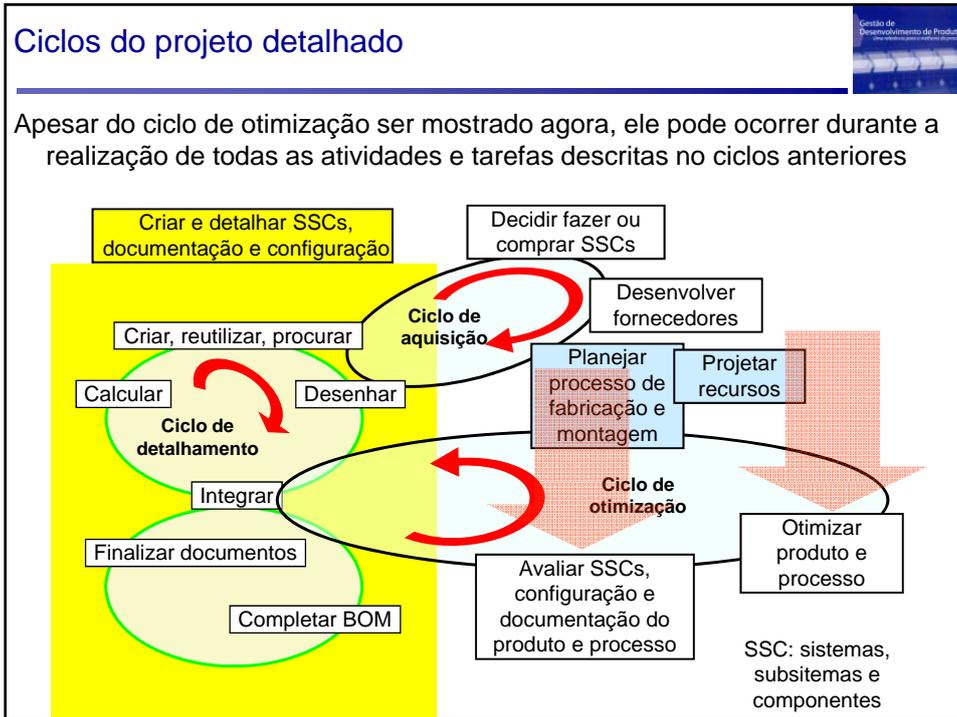




Exemplos de recursos a serem projetados

- Dispositivos especiais
- Ferramentas especiais
- Máquinas
- Instalações
- Fábricas (quadro 8.22)



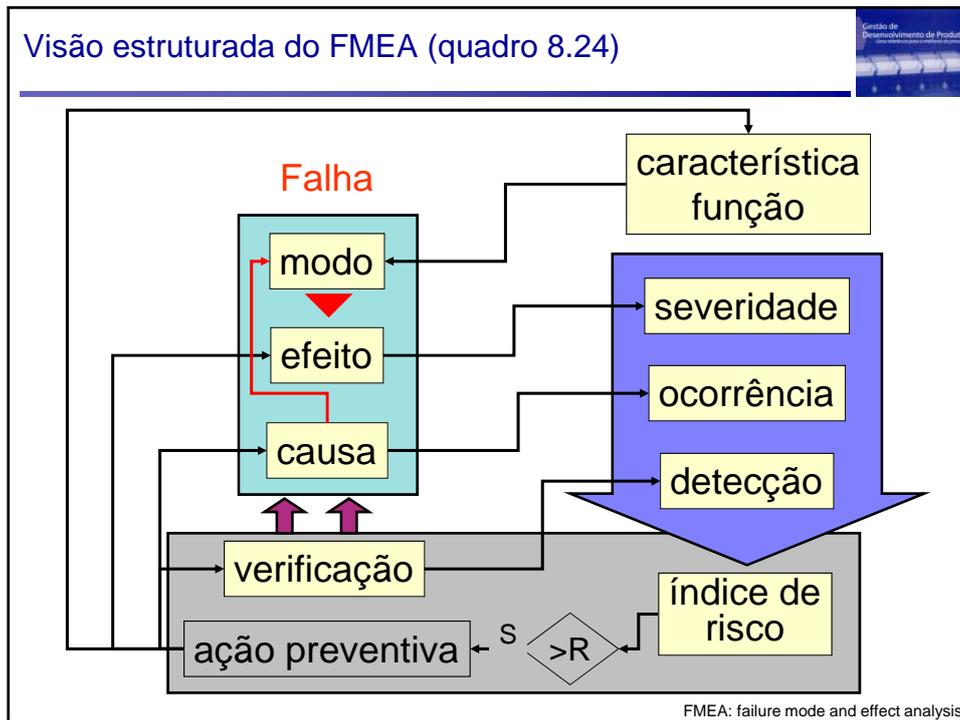


Tarefas da atividade de Avaliar SSCs, configuração e documentação do produto e processo

- Analisar falhas
 - Aplicação de FMEA (failure mode and effect analysis)
 - Prevenir falhas
 - Pode iniciar na fase de projeto conceitual
 - Mas é bom que envolva os resultados da fase de projeto detalhado, para usar como referência as tolerâncias etc.
- Avaliar tolerância analiticamente
- Planejar os testes (produto e processo)
- Desenvolver modelos para testes (elaborar modelos matemáticos e/ou fabricar/receber o protótipo)
- Executar os testes
- Avaliar os resultados e planejar ações
- Avaliar consonância da documentação com as normas

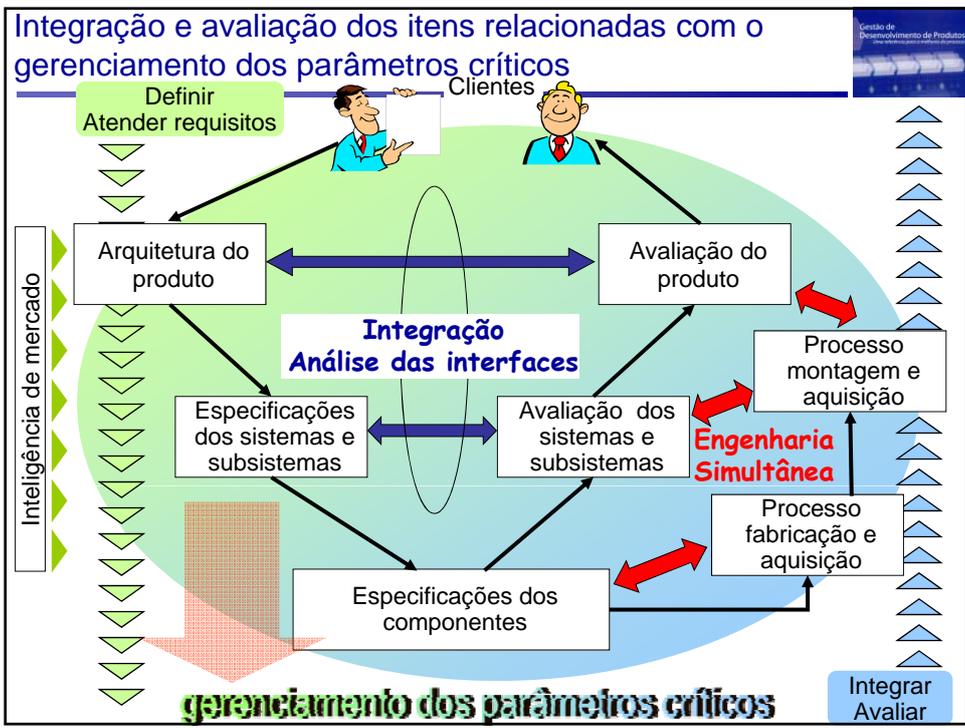
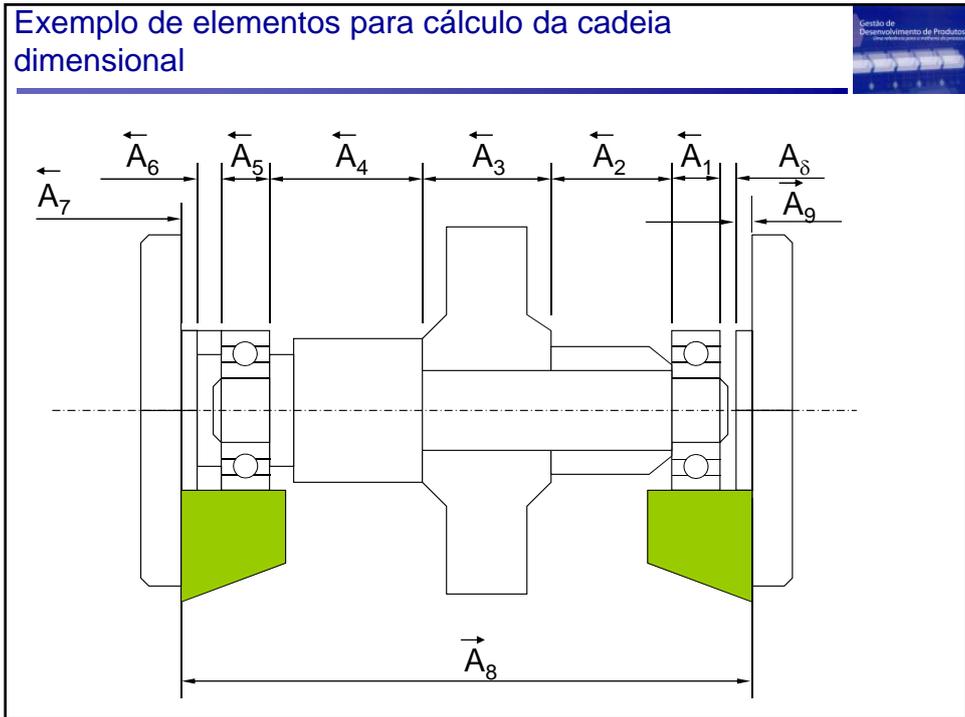
Formulário do FMEA (failure mode and effect analysis)

| Descrição do Produto/ Processo | Função(s) do produto | Tipo de Falha Potencial | Efeito de Falha Potencial | Causa da Falha em Potencial | Controles Atuais | Índices | | | | Ações Recomendadas | Responsável/ Prazo | Ações de Mitigação | | | | |
|---|----------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------|---------|---|---|---|--------------------|--------------------|---------------------|----------------|---|---|---|
| | | | | | | S | O | D | R | | | Medidas Implantadas | Índices Atuais | | | |
| | | | | | | | | | | | | | S | O | D | R |
| Descrição do produto ou processo Função (ões) do produto Tipo de falha potencial Efeito da falha potencial Causa da falha potencial Controles atuais Índices Ações recomendadas Responsáveis prazo Medidas implantadas Índices atuais | | | | | | | | | | | | | | | | |



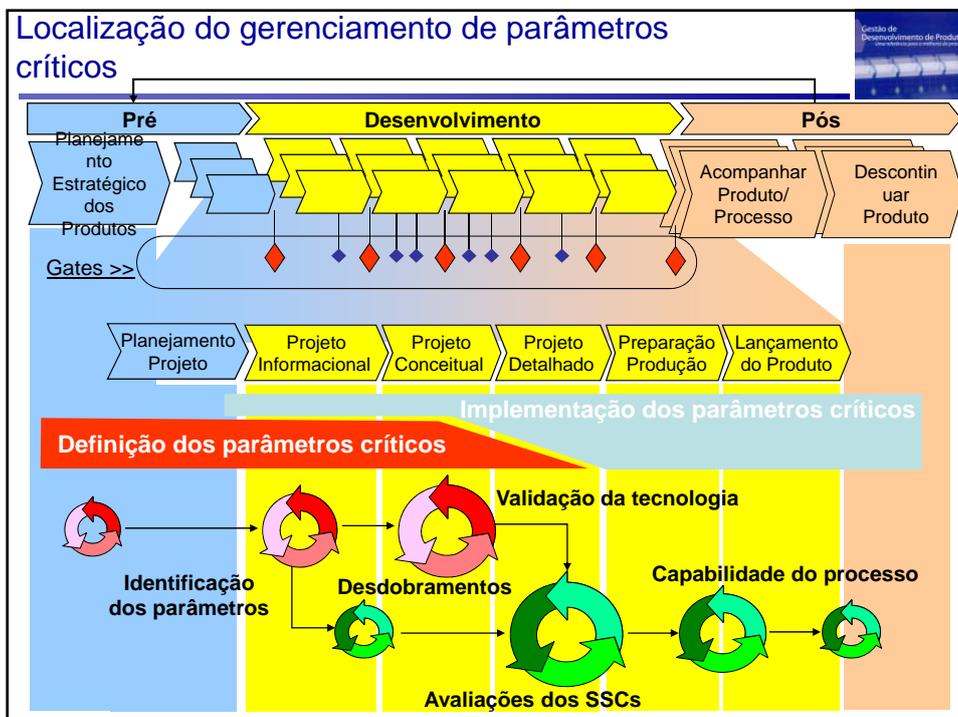
Tarefas da atividade de Avaliar SSCs, configuração e documentação do produto e processo

- Analisar falhas
- Avaliar tolerância analiticamente
 - Como o cálculo de uma cadeia dimensional
 - Inserido no contexto de gerenciamento de parâmetros críticos, mas envolve os ensaios posteriores para validação
- Planejar os testes (produto e processo)
- Desenvolver modelos para testes (elaborar modelos matemáticos e/ou fabricar/receber o protótipo)
- Executar os testes
- Avaliar os resultados e planejar ações
- Avaliar consonância da documentação com as normas



Gerenciamento dos parâmetros críticos

- Parâmetros críticos começam a ser definidos desde a fase de projeto conceitual
- São muitos os parâmetros, mas somente poucos são críticos
- Trabalhar com os críticos fornece foco à atuação do time de desenvolvimento
- Eles são avaliados por meio de ensaios com o protótipo
- Ou seja, construímos vários protótipos ao longo do processo de desenvolvimento de produtos (quadro 8.27)



Tarefas da atividade de Avaliar SSCs, configuração e documentação do produto e processo

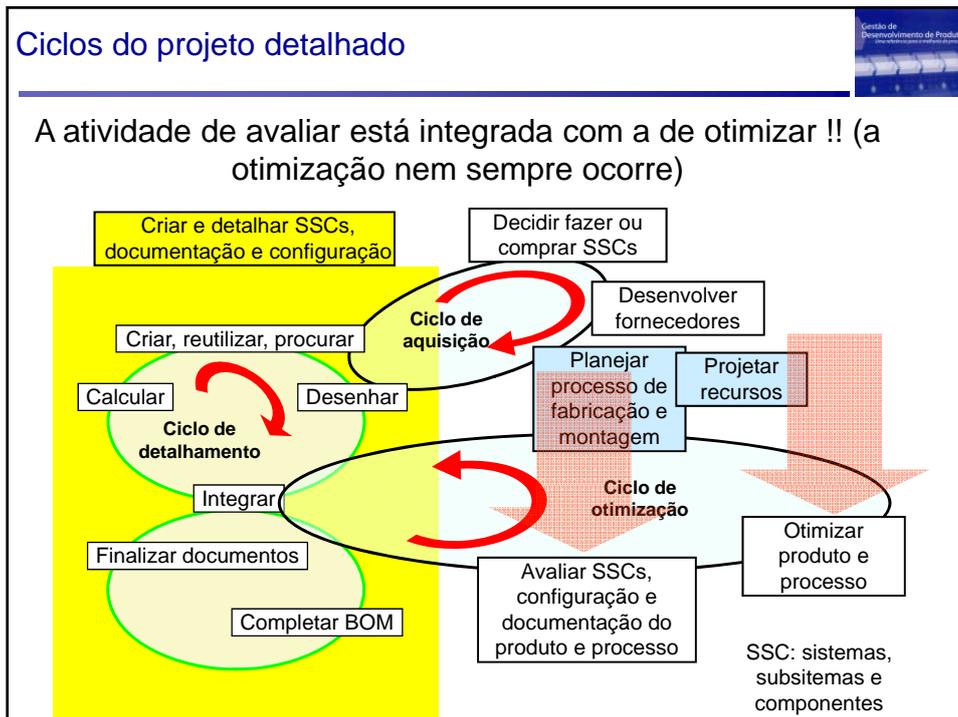
- Analisar falhas
- Avaliar tolerância analiticamente
- Planejar os testes (produto e processo)
- Desenvolver modelos para testes (elaborar modelos matemáticos e/ou fabricar/receber o protótipo)
- Executar os testes
- Avaliar os resultados e planejar ações
- Avaliar consonância da documentação com as normas

Relacionados com:
 Planejamento de experimentos (quadro 8.25)
 Projeto Robusto (quadro 8.26)
 Disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade (quadro 8.27)

Utilizam:
 Protótipos e modelos de produtos, componentes e ferramentas (quadro 8.27)

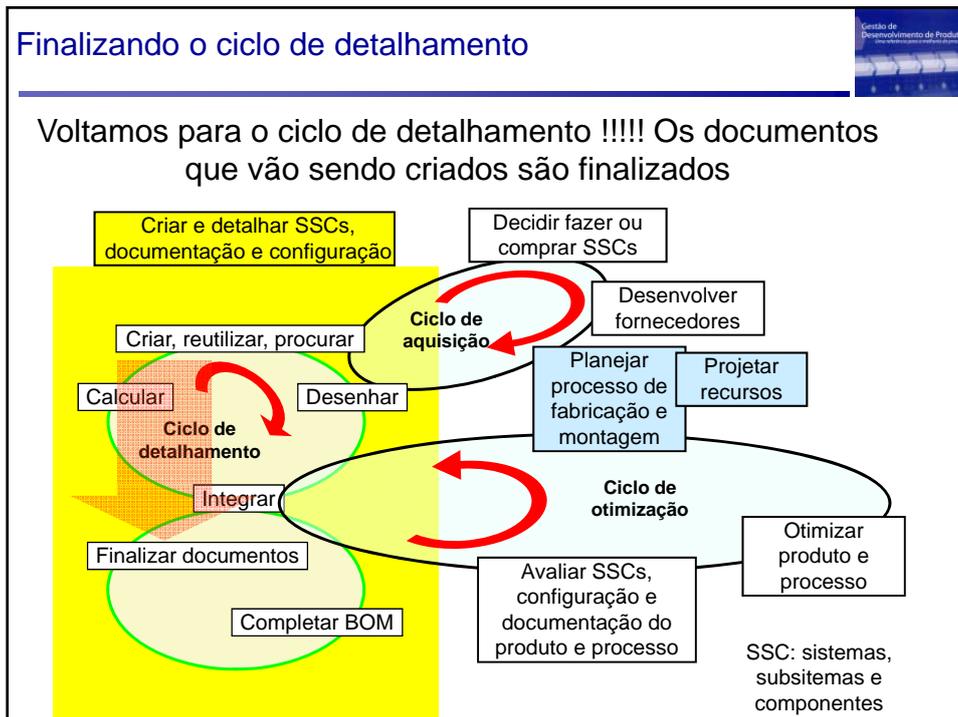
Tarefas da atividade de Avaliar SSCs, configuração e documentação do produto e processo

- Analisar falhas
- Avaliar tolerância analiticamente
- Planejar os testes (produto e processo)
- Desenvolver modelos para testes (elaborar modelos matemáticos e/ou fabricar/receber o protótipo)
- Executar os testes
- Avaliar os resultados e planejar ações
 - Desde a resultante do FMEA
 - Como a dos ensaios, que podem determinar mudanças no produto e processo
- Avaliar consonância da documentação com as normas
 - Verificar se os documentos criados atendem a normas internas ou dos clientes



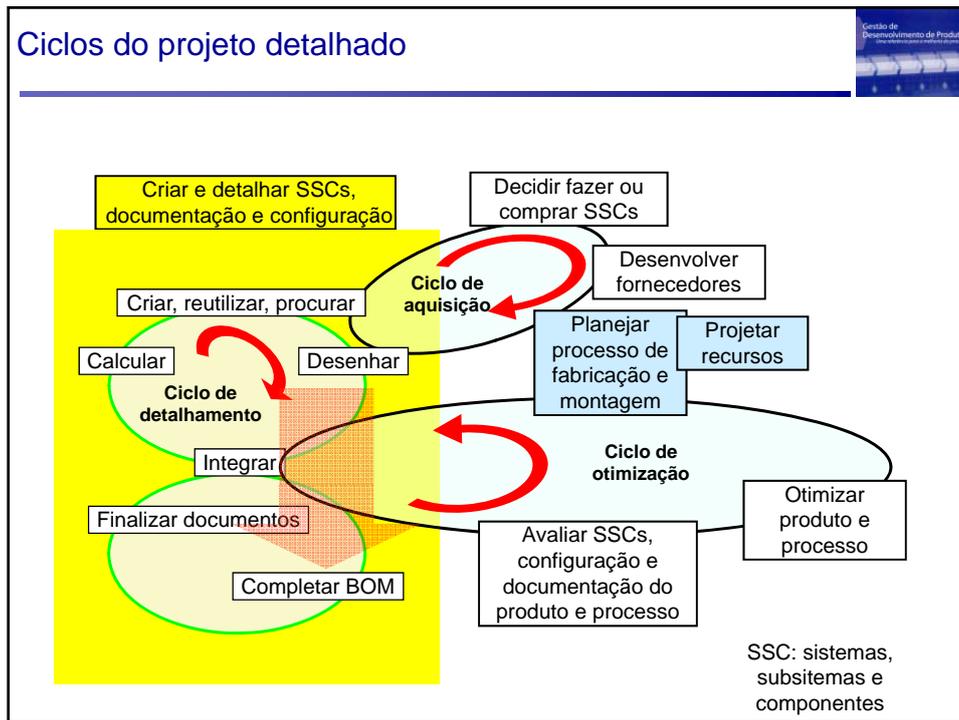
Exemplo de método de otimização de uma cadeia dimensional

- Verificar se não existe uma cadeia mais curta
- Verificar se tolerância do subsistema é necessária
- Eliminar componentes
- Diminuir a tolerância de componentes
- Otimizar o processo
- Colocar processo sob controle estatístico
- Verificar as distribuições e probabilidades de erro
- Adotar outro método de montagem para o mesmo projeto (ajustagem, montagem seletiva)
- Modificar a disposição entre os componentes e o processo de montagem correspondente



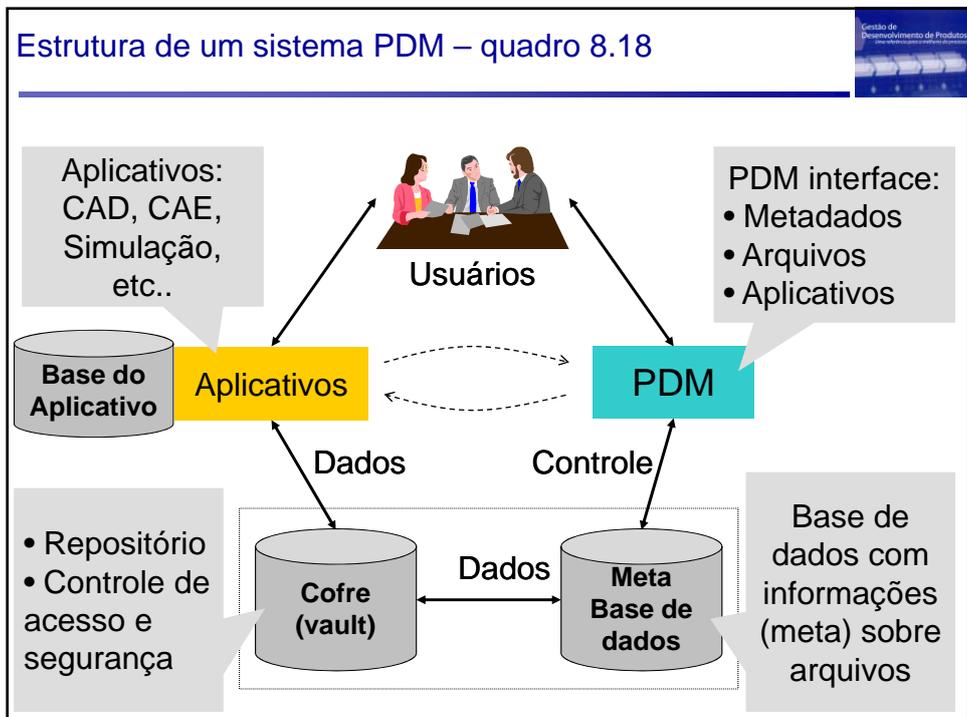
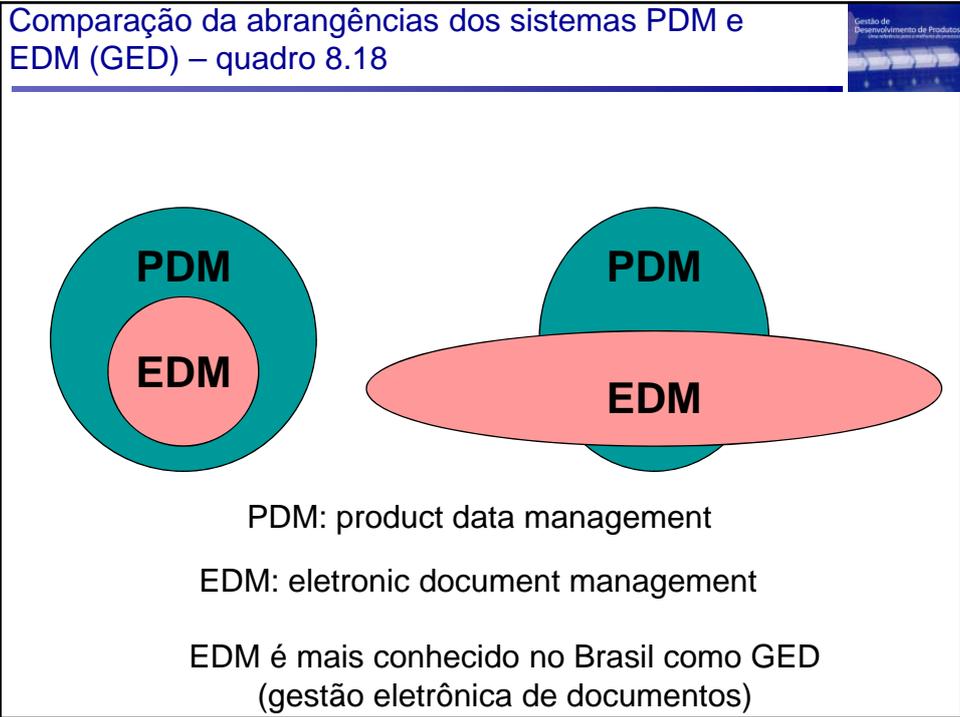
Diretrizes para a finalização dos desenhos e documentos

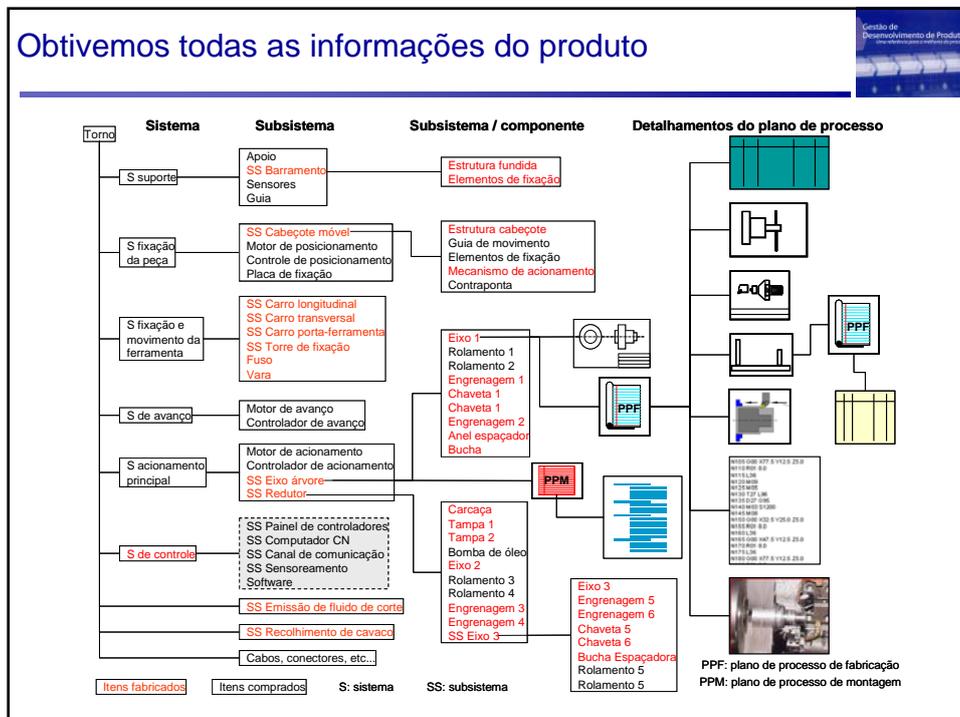
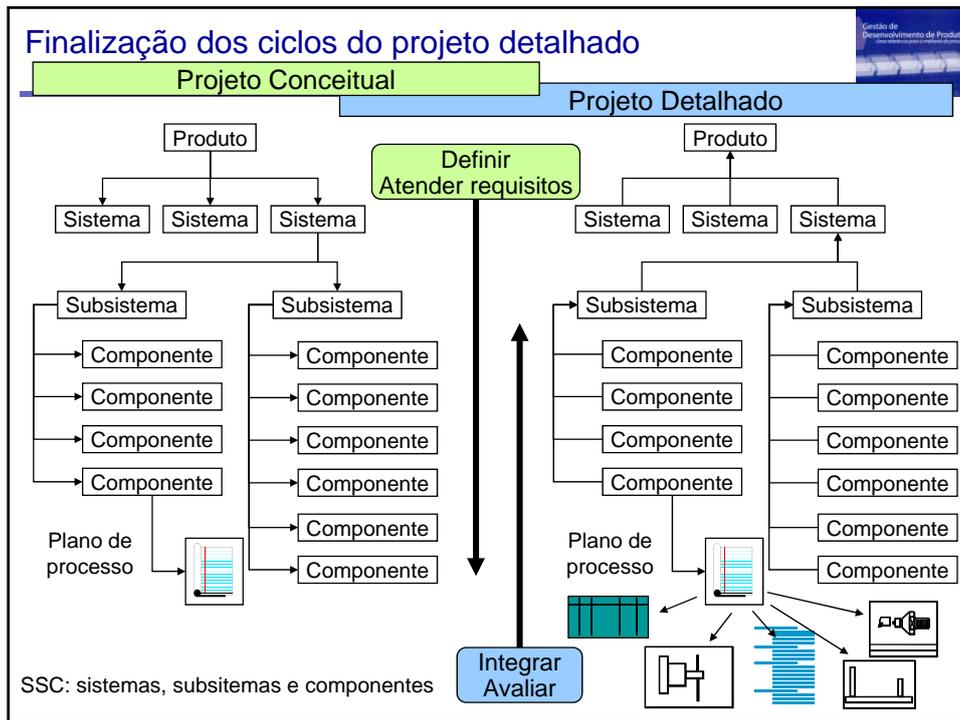
- Os desenhos, processos, especificações etc. são finalizados, identificados, classificados, armazenados ...
- Isso vem acontecendo, mas é finalizado no final dos ciclos do projeto detalhado
- Sempre utilizando-se sistemas para garantir a integridade e segurança das informações, como um sistema PDM (product data management)

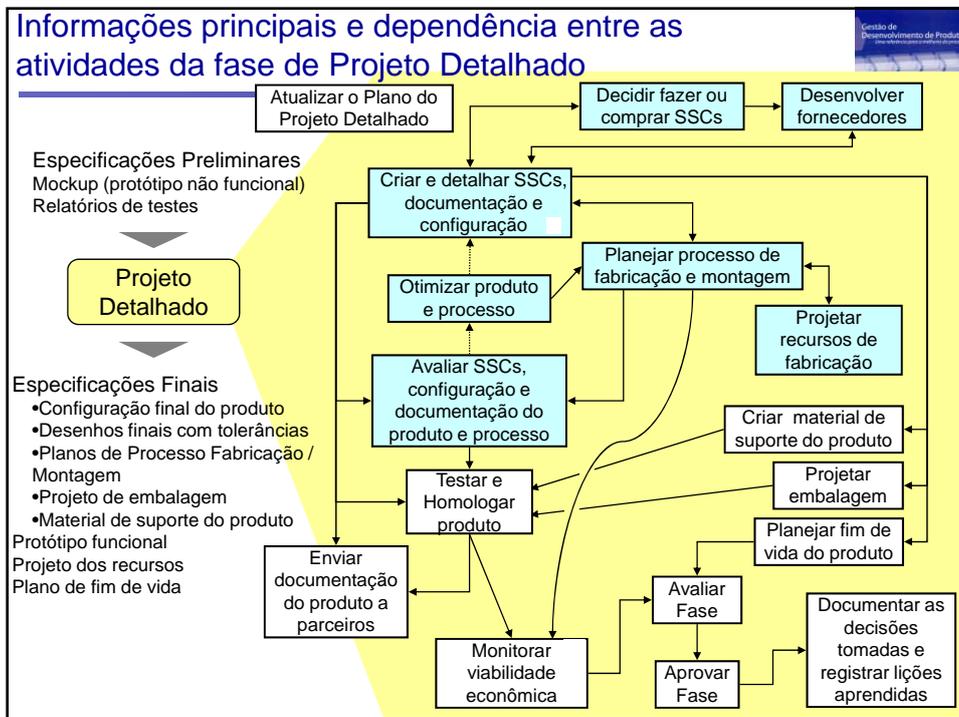
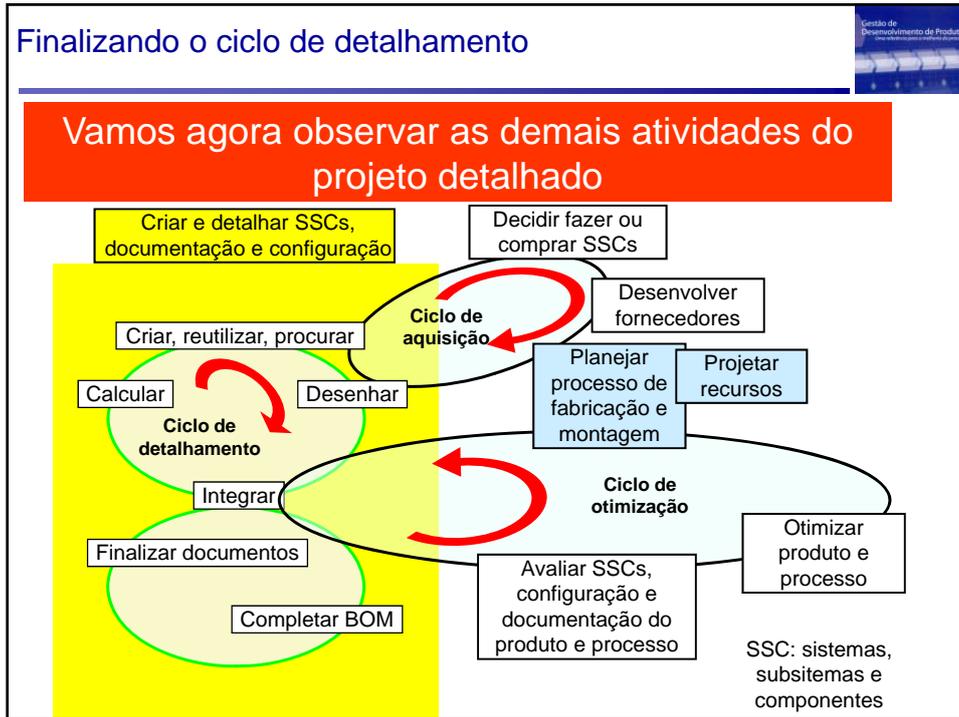


Configurar produto e completar estrutura de produto (BOM)

- Apesar de ser listada como última tarefa do ciclo, acontece continuamente
- Verificar qual o tipo de BOM mais apropriada para o produto (quadro 8.14)
 - BOM simples / padrão
 - Item fantasma e pseudo-item
 - BOM modular
 - BOM de planejamento
 - BOM genérica
 - BOM de manufatura
 - Bill of objects
 - BOM para informação







Sumário do capítulo – atividades da fase



- Atualizar o plano do projeto detalhado
- Criar e detalhar itens e documentos
- Decidir fazer ou comprar SSCs
- Desenvolver fornecedores
- Planejar processo de fabricação e montagem
- Projetar recursos de fabricação
- Avaliar itens e documentos
- Otimizar produto e processo
- **Criar material de suporte do produto**
- Projetar embalagem
- Planejar fim de vida de produto
- Testar e homologar produto
- Enviar documentação do produto a parceiros
- Monitorar a viabilidade econômica do produto
- Avaliar, aprovar fase e documentar lições aprendidas

Tarefas da atividade de criar material de suporte do produto



- Criar manual de operação do produto
 - Instruções para os usuários
 - Contém regulagens, ajustes, capacidades, limites de funcionamento, cuidados a serem tomados, e outros
- Criar material de treinamento
 - Para apoiar o treinamento de pessoal na instalação, transporte, assistência técnica e outras atividades que envolvam o aprendizado com em relação ao produto.
- Criar manual de descontinuidade do produto
 - Contém instruções para o seu descarte

Sumário do capítulo – atividades da fase

- Atualizar o plano do projeto detalhado
- Criar e detalhar itens e documentos
- Decidir fazer ou comprar SSCs
- Desenvolver fornecedores
- Planejar processo de fabricação e montagem
- Projetar recursos de fabricação
- Avaliar itens e documentos
- Otimizar produto e processo
- Criar material de suporte do produto
- **Projetar embalagem**
- Planejar fim de vida de produto
- Testar e homologar produto
- Enviar documentação do produto a parceiros
- Monitorar a viabilidade econômica do produto
- Avaliar, aprovar fase e documentar lições aprendidas

Tarefas da atividade de projetar embalagem

- Avaliar a distribuição do produto: transporte e entrega
- Definir as formas e as sinalizações das embalagens do produto
- Identificar os elementos críticos
- Adequar embalagem aos elementos críticos
- Projetar embalagem
- Planejar processo de embalagem

Sumário do capítulo – atividades da fase



- Atualizar o plano do projeto detalhado
- Criar e detalhar itens e documentos
- Decidir fazer ou comprar SSCs
- Desenvolver fornecedores
- Planejar processo de fabricação e montagem
- Projetar recursos de fabricação
- Avaliar itens e documentos
- Otimizar produto e processo
- Criar material de suporte do produto
- Projetar embalagem
- **Planejar fim de vida de produto**
- Testar e homologar produto
- Enviar documentação do produto a parceiros
- Monitorar a viabilidade econômica do produto
- Avaliar, aprovar fase e documentar lições aprendidas

Comentários sobre o plano de fim de vida



- Durante todo o processo de desenvolvimento de produtos foram documentadas informações relacionadas com o fim de vida
- As possíveis estratégias de descontinuidade do produto no mercado, como reciclagem reutilização, remanufatura, desmontagem, e descarte, também foram definidas nos requisitos do produto
- Foram aplicados: Projeto para o meio ambiente (DFE — Design For Environment) e a de projeto para desmontagem (DFD — Design For Disassembly), essas estratégias de descontinuidade foram consideradas na definição das soluções alternativas
- Na criação de itens essas estratégias foram consideradas
- A existência desta atividade formal serve para se consolidar as informações

Sumário do capítulo – atividades da fase



- Atualizar o plano do projeto detalhado
- Criar e detalhar itens e documentos
- Decidir fazer ou comprar SSCs
- Desenvolver fornecedores
- Planejar processo de fabricação e montagem
- Projetar recursos de fabricação
- Avaliar itens e documentos
- Otimizar produto e processo
- Criar material de suporte do produto
- Projetar embalagem
- Planejar fim de vida de produto
- **Testar e homologar produto**
- Enviar documentação do produto a parceiros
- Monitorar a viabilidade econômica do produto
- Avaliar, aprovar fase e documentar lições aprendidas

Comentários sobre a atividade de testar e homologar produto



- Esta atividade fornece um aspecto formal ao processo
- A verificação analisa os resultados (saídas/documentos) do projeto para garantir o atendimento dos requisitos do produto, ou seja, analisa as especificações finais do produto.
- A validação deve assegurar que o produto final atenda aos requisitos de sua aplicação específica, ou seja, testa o protótipo do produto.
- A atividade de avaliar está no ciclo de otimização (avaliação interna) e é complementada pelos testes de homologação do produto final (avaliação externa)
- Homologar atende às exigências de instituições reguladoras
- Muitas vezes é realizada sob a supervisão dos clientes, órgãos de homologação ou de certificação etc.
- Às vezes são conduzidas pelos próprios clientes e esses órgãos

Tarefas da atividade de testar e homologar produto



- Verificar a documentação
- Verificar a funcionalidade do produto
- Verificar o atendimento aos requisitos
- Verificar o atendimento a normas
- Obter certificado de homologação

Certificação de homologação é intermediária e a certificação final ocorre na fase de preparação da produção com base no lote piloto

A homologação depende da aprovação da documentação, da existência do projeto de embalagens e dos materiais de apoio ao produto, e não do detalhamento dos processos de fabricação

A aprovação (gate) da fase depende da homologação do produto, da existência de um plano de fim de vida e, principalmente, de um novo estudo de viabilidade econômico-financeira (com base no processo)

Sumário do capítulo – atividades da fase

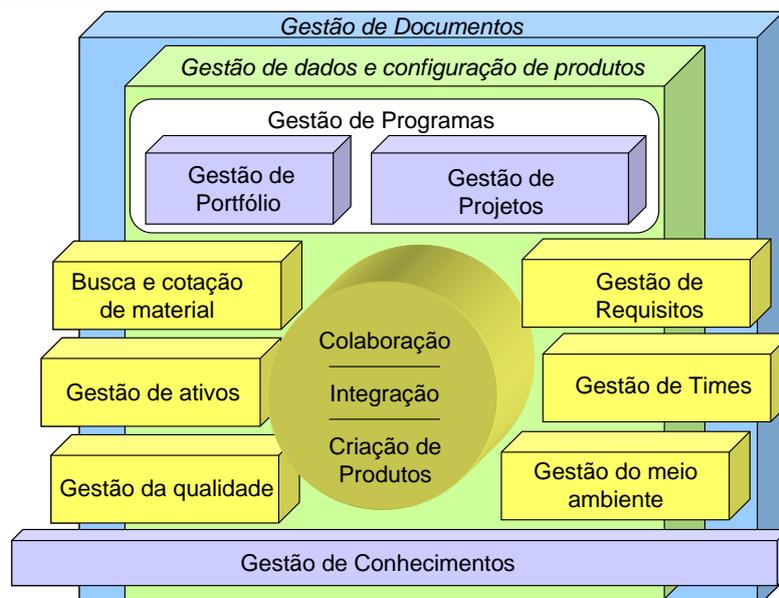


- Atualizar o plano do projeto detalhado
- Criar e detalhar itens e documentos
- Decidir fazer ou comprar SSCs
- Desenvolver fornecedores
- Planejar processo de fabricação e montagem
- Projetar recursos de fabricação
- Avaliar itens e documentos
- Otimizar produto e processo
- Criar material de suporte do produto
- Projetar embalagem
- Planejar fim de vida de produto
- Testar e homologar produto
- **Enviar documentação do produto a parceiros**
- Monitorar a viabilidade econômica do produto
- Avaliar, aprovar fase e documentar lições aprendidas

Comentários sobre a atividade de enviar documentação do produto a parceiros

- Somente se o cliente exigir
- Frequentemente o cliente certificou o fornecedor
- Pode existir um padrão de comunicação normatizado (PAPP da TS 16949)
- Uma montadora deveria seguir a boa prática de enviar informações sobre atualizações para os seus parceiros (fornecedores)
- Congelar a configuração do produto e trabalhar com sistemas PLM (product life-cycle management)

Sistemas (módulos) de uma solução (sistema) PLM (product life-cycle management)

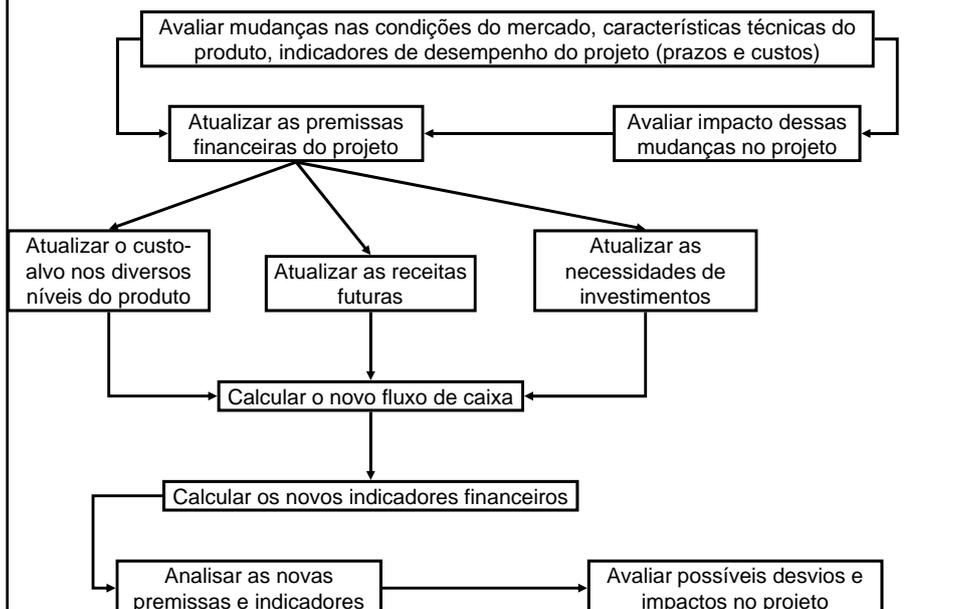


Quadro 8.30

Sumário do capítulo – atividades da fase

- Atualizar o plano do projeto detalhado
- Criar e detalhar itens e documentos
- Decidir fazer ou comprar SSCs
- Desenvolver fornecedores
- Planejar processo de fabricação e montagem
- Projetar recursos de fabricação
- Avaliar itens e documentos
- Otimizar produto e processo
- Criar material de suporte do produto
- Projetar embalagem
- Planejar fim de vida de produto
- Testar e homologar produto
- Enviar documentação do produto a parceiros
- **Monitorar a viabilidade econômica do produto**
- Avaliar, aprovar fase e documentar lições aprendidas

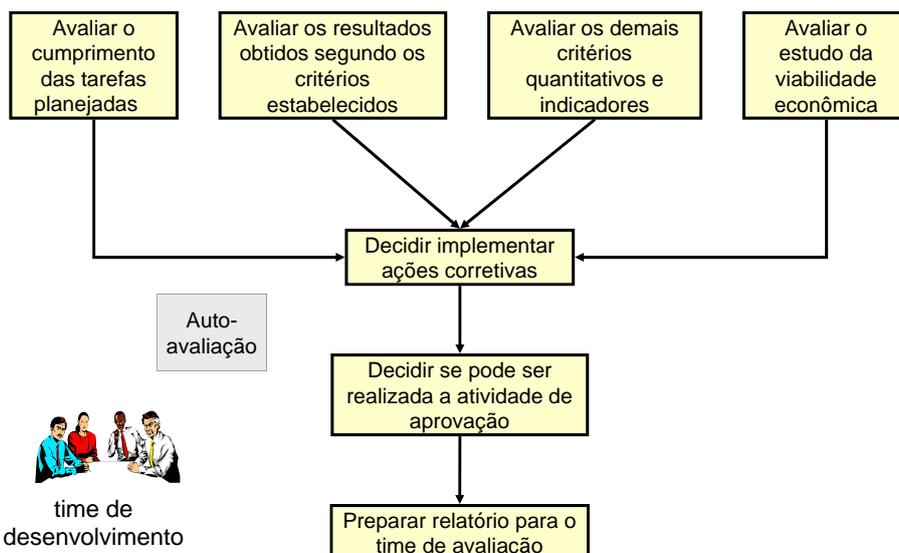
Atividade genérica: monitorar viabilidade econômico-financeira

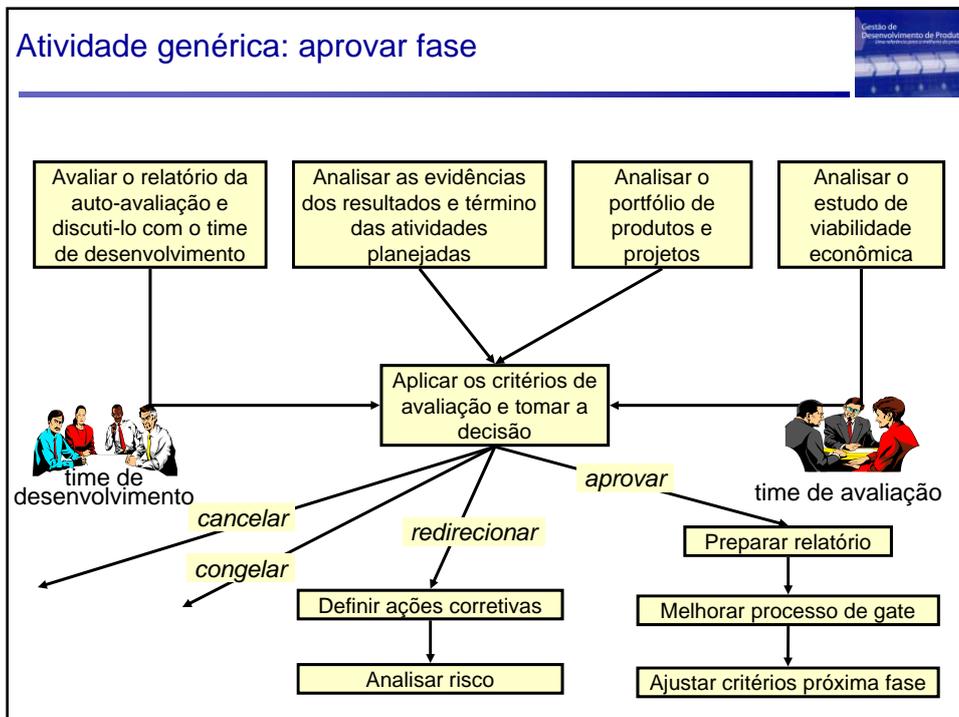
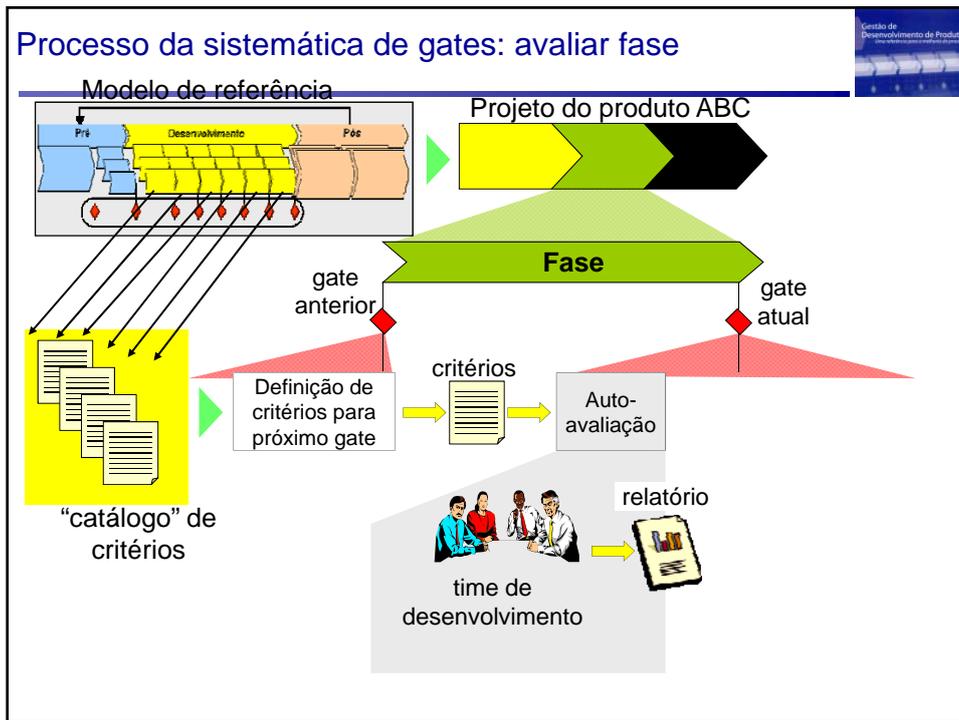


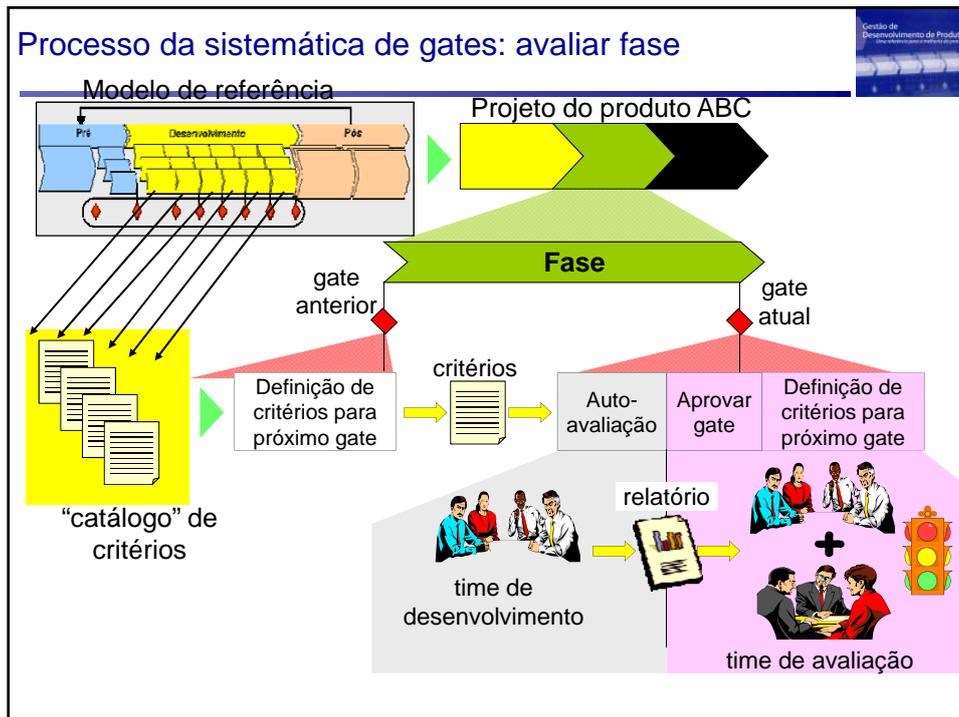
Sumário do capítulo – atividades da fase

- Atualizar o plano do projeto detalhado
- Criar e detalhar itens e documentos
- Decidir fazer ou comprar SSCs
- Desenvolver fornecedores
- Planejar processo de fabricação e montagem
- Projetar recursos de fabricação
- Avaliar itens e documentos
- Otimizar produto e processo
- Criar material de suporte do produto
- Projetar embalagem
- Planejar fim de vida de produto
- Testar e homologar produto
- Enviar documentação do produto a parceiros
- Monitorar a viabilidade econômica do produto
- **Avaliar, aprovar fase e documentar lições aprendidas**

Atividade genérica: avaliar fase







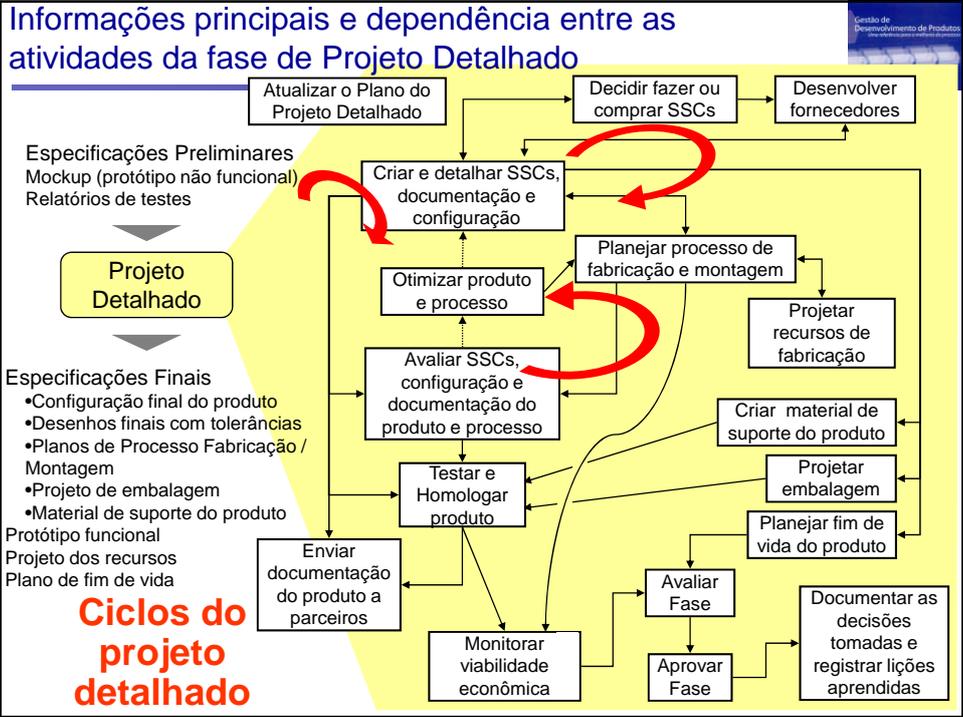
Documentar as decisões tomadas e registrar lições aprendidas

- Fontes de melhorias
- Se não formalizar, estruturar e sistematizar, pode-se perder a memória e repetir erros do passado
- Simples de registrar, difícil de analisar e aprender
- Registrar a todo o momento
- Momento formal para garantir documentação, logo após o *gate*
- Não existe um conjunto de tarefas específicas
- Hoje existem sistemas que analisam, classificam e ajudam a recuperar informações não estruturadas
- Importante (essencial) praticar a gestão do conhecimento, pois só sistemas não garantem

Síntese do que foi visto

- Atividades e Informações
- Conceitos e ferramentas
- Principais resultados

Próxima fase



Conceitos, métodos e ferramentas da fase de projeto detalhado

Engenharia simultânea, lean design, six sigma
 Classificação, identificação e codificação de itens
 Padronização de projetos
 CPM (critical parameter management)
 Protótipos e ensaios de experimentos
 Especificação de tolerância
 GD&T (Geometric Dimensioning and Tolerancing)
 Métodos de cálculo e normas
 Planilhas de cálculo
 FMEA (failure mode and effect analysis)
 Sistemas CSM (component supply management)
 Sistemas de simulação
 Sistemas CAD/CAE/CAM, PDM/EDM (GED), PLM
 Sistemas de realidade virtual
 Sistemas de cálculo estatístico
 Sistemas de orçamentação e cotação
 Sistemas de comunicação
 Sistemas ERP/SCM/CRM
 Sistemas CAPP, fórmulas e regras de fabricação, carta de tolerância

