



PRO361 – MÉTODOS E MEIOS DE PRODUÇÃO

Projeto Modular

Prof. Dr. Fausto L Mascia

EPUSP - Produção



CONCEITO

Módulo – modularização – modularidade
Design modular – produto modular

Módulo – unidade elaborada segundo determinadas proporções e destinada a juntar-se a outras unidades formando um conjunto funcional.

Automóveis – motores; transmissões, chassis, etc.
Eletrônica – processadores, fontes de alimentação, circuitos integrados, hd, etc.



CONCEITO

A interdependência entre os módulos permite que a estrutura seja construída e aumentada à medida que os componentes sejam concluídos.

Interface – dispositivo (físico ou lógico) que estabelece a adaptação entre dois sistemas independentes.

Arquitetura do produto – Baxter (1998) – o estudo das interações entre os módulos e o arranjo físico destes, constituindo a configuração do produto.



A interdependência entre os módulos permite que a estrutura seja construída e aumentada à medida que os componentes vão sendo concluídos (2013).





A interdependência entre os módulos permite que a estrutura seja construída e aumentada à medida que os componentes vão sendo concluídos (2018).



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia de Produção

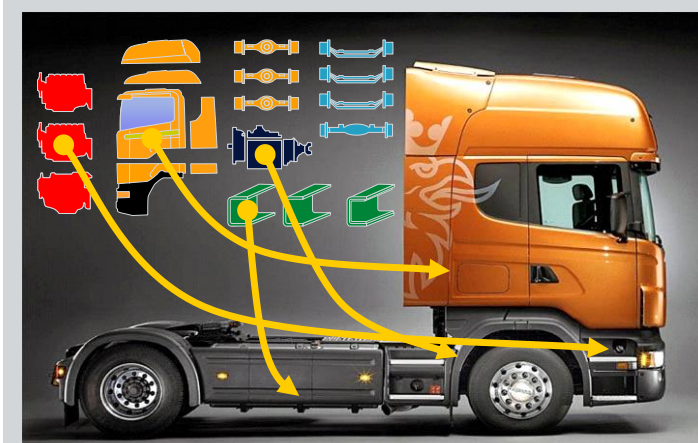
5



Exemplo indústria automotiva



Modular product system



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia de Produção

6



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia de Produção

7



Diferentes veículos dividem plataformas e partes do carro:

- eixos dianteiros,
- eixos traseiros,
- sistemas de exaustão,
- sistemas de freio, e vários outros elementos.

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia de Produção

8



Autolatina



Joint venture Volkswagen Ford – 1987 a 1996
Acordo operacional entre as duas montadoras.

Durante o período

- a VW forneceu à Ford os motores série AP, além da plataforma do sedã Santana, que originou os modelos Versailles e o Royale com identidade Ford.
- a Ford, forneceu à VW os motores série AE, a plataforma do Escort (origem dos modelos Apollo, Logus e Pointer com identidade Volkswagen), e o chassi do caminhão Cargo, base de sustentação da VW Caminhões.



Princípios do design modular

O design modular apresenta-se como uma estratégia para construir sistemas ou produtos complexos, a partir de subsistemas que podem ser **desenvolvidos individualmente**, mas que funcionam como um conjunto integrado.

Cada módulo representa uma unidade funcional; juntamente com os demais módulos, contribui para o funcionamento da estrutura maior.

As **interfaces** especificam as interações entre os módulos, a sua ligação e comunicação.



Princípios do design modular

Sistema modular - composto por unidades (módulos), **projetados independentemente** para executar uma ou um reduzido número de funções que, interligados, executam as funções principais.

O design modular só é benéfico se a divisão for precisa, completa e **sem ambiguidades**.

Devido a interdependência que os componentes adquirem num sistema modular, a concepção e o **desenvolvimento** modular pode ser feito **paralelamente** já que não dependem uns dos outros.



Princípios do design modular

Arquitetura modular - cada elemento funcional do produto é exercido por um **único** componente físico; estão definidas as interações entre os diferentes módulos.

Este conceito permite que seja alterado ou modificado um dos módulos, **sem** que seja necessário **alterar** outros para que o produto funcione perfeitamente.

O design modular é visto como um processo de produzir unidades que executam funções discretas; quando interligados adquirem propriedades que as levam a executar um variedade de funções importantes.



Produção em massa – Produção artesanal

Produtos industrializados são padronizados, pouco flexíveis e mantêm os mesmos padrões por muito tempo.

Produção artesanal (outro extremo) oferece flexibilidade e variedade ilimitadas, mas comporta outro tipo de limitação.

Entre eles encontra-se a fabricação personalizada. Este sistema de produção faz uso da flexibilidade, do design modular (através de combinações diferenciadas de módulos).

A concepção modular possibilita uma gama **variada** de produtos; permite responder rapidamente às mudanças e necessidades dos consumidores.



Vantagens do design modular

- Redução do tempo de desenvolvimento do produto
- Atualização do produto
- Amortização de custos do produto
- Padronização dos componentes
- Redução do tempo de entrega do produto
- Maior flexibilidade
- Redução no tempo de produção
- Redução de custos



Algumas desvantagens

- Pouca distinção entre produtos da mesma linha
Na avaliação dos usuários, os produtos podem parecer muito semelhantes.
- Facilidade de cópia dos componentes
Os componentes/módulos são mais vulneráveis por empresas concorrentes.



Classic



Duo



Chrome



Método

Planejar, desde o início do processo de design uma estrutura modular – construção e funcionamento.

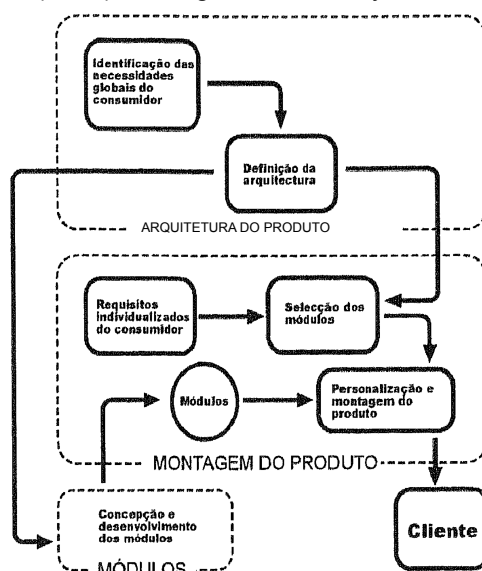
Três fases:

- Definição da arquitetura do produto
- Concepção e desenvolvimento dos módulos
- Montagem do produto



Método

GRADY (1999). The age of modularity





Módulo

Ericsson & Erixon (1999) – um bloco de construção com interfaces definidas;

Anderson (1997) – blocos que podem personalizar um produto por meio das várias combinações que podem ser feitas na fase de montagem;

Baldwin & Clark (2000) – unidades estruturalmente independentes que funcionam em conjunto num mesmo sistema.

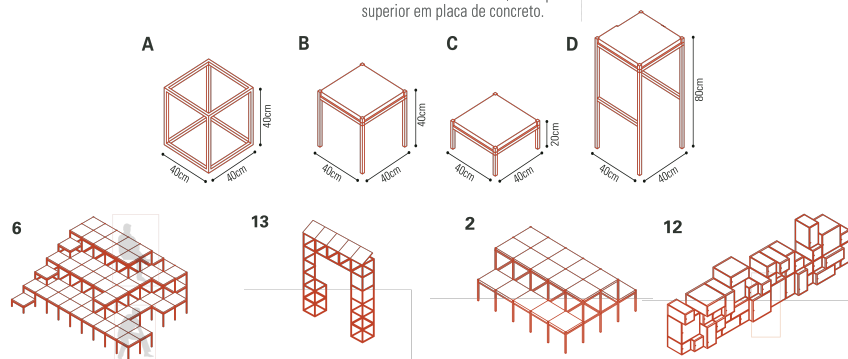


Mobiliário urbano modular – DOBRA oficina de arquitetura



MÓDULOS BÁSICOS

O mobiliário urbano utilizado no projeto foi desenvolvido a partir da combinação de quatro módulos básicos (A, B, C e D). Os quatro módulos são estruturados por perfil metálico quadrado (2x2cm) cor terra e os módulos B, C e D possuem fechamento superior em placa de concreto.





Mobiliário urbano modular



Projeto: DOBRA Oficina de arquitetura



Arquitetura do produto

Refere-se ao layout do produto (Otto & Wood – 2001)

O sistema que se forma a partir do conjunto de módulos e origina uma estrutura.

Organização estrutural de todos os componentes físicos do produto, mantendo os conceitos de independência dos elementos e a integração das funções.

Ulrich & Eppinger (2000) – um produto pode ser definido em termos físicos e funcionais.

Os elementos funcionais representam as operações individuais e transformações que contribuem para o desempenho global do produto.



Arquitetura do produto

Baxter (1998) – a arquitetura modular de um produto caracteriza-se por sua estrutura ser dividida em módulos com as seguintes características:

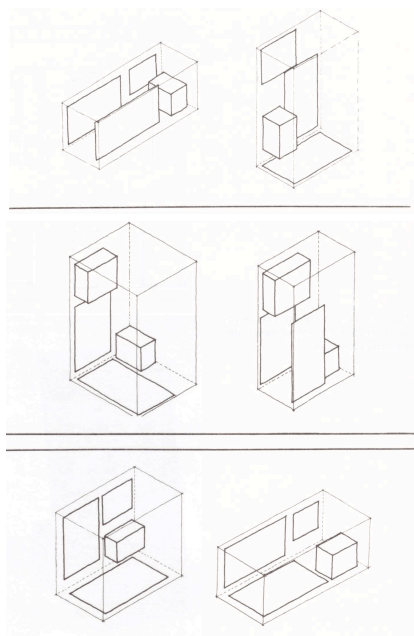
- Cada módulo exerce um ou alguns elementos funcionais de forma completa; não existem funções compartilhadas entre dois ou mais módulos;
- As interações entre blocos são bem definidas e geralmente são fundamentais para a realização da função principal do produto.



Arquitetura do produto

Bonsiepe

Desenvolvimento de um aparelho para controle de qualidade de placas de circuito interno – estudos de layout.

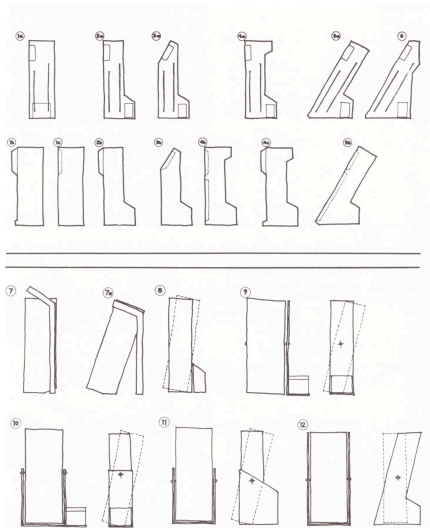




Arquitetura do produto

Bonsiepe

Opção por instrumento vertical, estudos de alternativas considerando a distribuição interna dos módulos



Tipos de arquitetura modular

Ulrich & Eppinger (1995) – três tipos de arquitetura modular:

- slot
- bus
- por seção



Tipos de arquitetura modular

Slot

Cada uma das interfaces dos módulos é de um tipo diferente dos outros; os vários módulos não podem ser trocados.



Arquitetura modular tipo slot – Ulrich & Eppinger, 1995.



Arquitetura modular Slot



Arquitetura modular tipo slot – Ulrich & Eppinger, 1995.



Arquitetura modular Slot



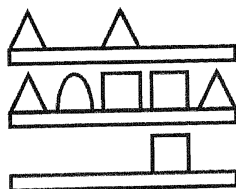
Arquitetura modular tipo slot – Ulrich & Eppinger, 1995.



Tipos de arquitetura modular

Bus

Uma estrutura comum na qual se pode ligar/montar vários tipos de módulos pelo mesmo tipo de interface





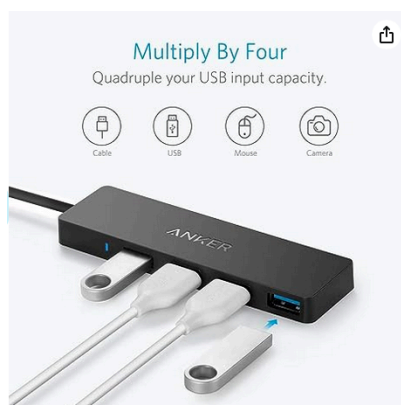
Arquitetura modular Bus



IDEO projeto conceitual estação de trabalho – Scott Adams



Arquitetura modular Bus



Anker 4-Port USB 3.0 Ultra Slim Data Hub for Macbook



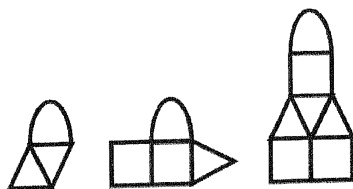
Arquitetura modular Bus



Tipos de arquitetura

Por seção

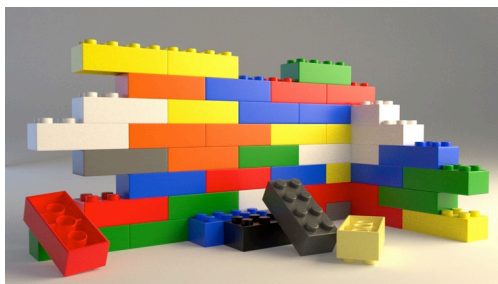
Todos os módulos possuem interfaces idênticas; não existe uma estrutura base na qual os módulos são montados.



Arquitetura modular por seção – Ulrich & Eppinger, 1995.



Arquitetura – Por seção



Arquitetura modular por seção – Ulrich & Eppinger, 1995.



Tipos de arquitetura modular

Partilha de componente

O mesmo módulo é usado ou compartilhado em diferentes produtos; varias estruturas utilizam o mesmo módulo formando diferentes variantes de produto pertencentes a uma família;





Partilha de componente



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia de Produção

37



Partilha de componente



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia de Produção

38



Carinho de bebê



<https://youtu.be/j6Wgm1vdiu4>

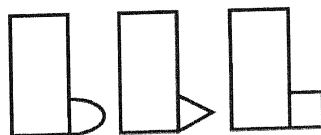


Tipos de arquitetura modular



Troca de componente

O produto pode ser personalizado com vários módulos que podem ser trocados; diferentes módulos podem ser ligados ao mesmo produto básico; variantes do produto
Exemplo?





Tipos de arquitetura modular

Troca de componente

Exemplo:

Black & Decker Quattro



Troca de componente

Exemplo:

Black & Decker Quattro



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia de Produção

43

Mudanças no produto (Ulrich & Eppinger, 1995)

Atualização/ Ampliação MacPro Apple

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

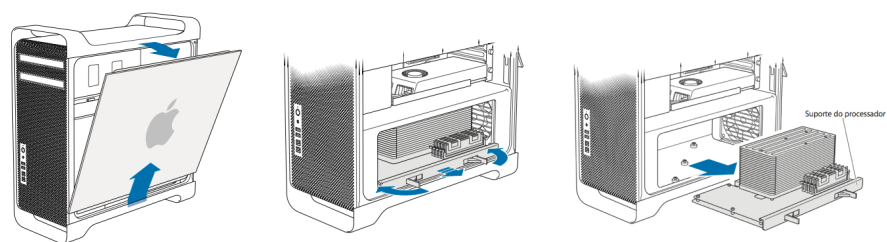
Departamento de Engenharia de Produção

44



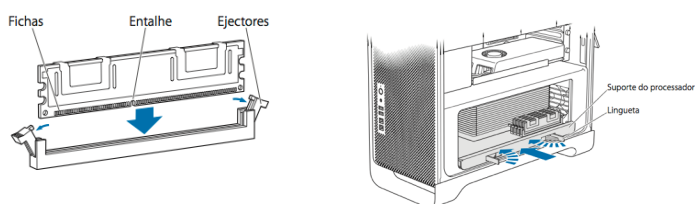
Mudanças no produto (Ulrich & Eppinger, 1995)

Atualização/ Ampliação



Mudanças no produto (Ulrich & Eppinger, 1995)

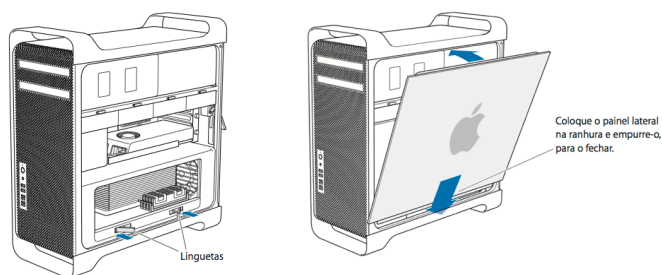
Atualização/ Ampliação





Mudanças no produto (Ulrich & Eppinger, 1995)

Atualização/ Ampliação



Fase para elaboração da arquitetura do produto

Gadry 1999

- Identificação da categoria do produto
- Identificação dos requisitos dos potenciais clientes/usuários/ consumidores e oportunidades de mercado
- Identificação da estrutura completa do produto
- Associar os requisitos dos consumidores às funções/ sub funções
- Associar funções/ sub funções aos potenciais módulos
- Consolidar e definir os módulos
- Identificar as características dos módulos e seus fornecedores



Fase para elaboração da arquitetura do produto

Ulrich & Eppinger (2000); Otto & Wood (2001)

- Criar um esquema do produto ou a estrutura funcional do produto
- Agrupar os elementos do esquema em módulos
- Criar um esquema geométrico
- Definir as interações (fundamentais e incidentais) entre componentes e características detalhadas dos desempenhos.

Exemplo Mercedes



Vario Research Car – Mercedes Benz

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia de Produção

51

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia de Produção

52

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia de Produção

53

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia de Produção

54

Matriz de diferenciação

					
Tema principal	Versatilidade Doméstico	Portabilidade Doméstico	Alta performance	Alto valor	Alta qualidade Profissional
Cores pega cabo/gatilho	Laranja	Laranja	Preto	Amarelo	Preto
Bateria	Versapack	9,6 14,4 18V	9,6 14,4 18V	9,6 14,4 18V	14,4 18 24V
Qualidade	Uso doméstico	Adequada	Boa	Boa	Superior
Potência	Baixa	Boa	Alta	Alta	Alta



Marcas Black & Decker



Partes comuns para Black & Decker e Firestorm



(a)



(b)

- a) Carcaça da furadeira Black & Decker
- b) Furadeira Firestorm com duas velocidades

Modularidade de ranhura (canaleta) na furadeira sem fio. A separação no topo da seção da carcaça permite que a B&D utilize a mesma carcaça para ambos produtos.



Identidade da marca

Processo de posicionamento da marca – segmentação de mercado

Divisão dos segmentos em sub categorias – as preferências dos usuários são bastante heterogêneas.

Aaker (1996) bases para segmentação:

- Geográfica (diferenças culturais de regiões distintas)
- Demográfica (gênero, idade, educação, renda, estado civil...)
- Psicográfica (crenças, estilo de vida, personalidade)
- Comportamental (condições e frequência de uso)

Atributos de design: funcionais e estéticos (associados com os elementos sensoriais).



Plataforma de produtos

Um conjunto de funcionalidades que são divididas entre múltiplos produtos (diferentes marcas).

Estrutura funcional para família de produtos: indica as funções comuns – composição de uma plataforma



Matriz de diferenciação de marca

Para cada função, duas linhas (superior especificações estéticas, inferior especificações técnicas).

Módulos - partes do produto associadas às funções.

Plataformas – partes comuns entre produtos



Matriz de diferenciação de marca



	Dewalt	Firestorm®	Quantum	VersaPak®
				
Dominant Theme	Heavy Duty	High Performance	High Value	Multi-purpose
Input Signal	Black Trigger	Black Trigger	Yellow Trigger	Orange Trigger
Switch Power	☐	☐	☐	☐
Unlock Switch	Variable Speed Oval Black Horz. Hold Button	Variable Speed Thin Black Vert. Hold Button	Variable Speed Oval Black Horz. Hold Button	2 speed Orange Horz. Hold Button
Convert Elect	Powerful 450	330	330	120
Transmit Power	☐	☐	☐	☐
Position Object	Silver, Large Adjustable Shoe	Black, Large Adjustable Shoe	Steel, Large Adjustable Shoe	Steel 90° Shoe
Act on Object	5 3/8" Circular Blade	5 3/8" Circular Blade	5 3/8" Circular Blade	3 3/8" Circular Blade
(Un) Register Tool	☐	☐	☐	☐
(Un) Secure Tool	Shaft Taper Hex Clamp	Shaft Taper Hex Clamp	Shaft Taper Hex Clamp	Shaft Taper Hex Clamp
Transmit Electricity	Square 14.4 V, 2pt	Open 14.4 V, 2pt	Open 14.4 V, 2pt	VersaPak 7.2 V, Round
(Un) Register Battery	Bevel 2 Point	Straight 2 Point	Straight 2 Point	VersaPak Round
Accept Hand	Rough Palm	Padded Palm	Diamond Palm	Diamond Palm
Encase	Yellow 4 Piece	Red 3 Piece	Green 4 Piece	Blue 2 piece