

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS SOBRE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS MODULARES (artigos)

- HUANG, C. Overview of Modular Product Development. Physical Science and Engineering. Vol. 24, n 3, pp. 149-165, 2000. Disponível em: <http://nr.stic.gov.tw/ejournal/proceedingA/v24n3/149-165> . Acesso em: Julho de 2002.

**Comentário:** Este artigo apresenta uma ampla revisão bibliográfica sobre produtos modulares, reunindo numa única obra diversos tópicos sobre o assunto. Alguns itens abordados no artigo são: definição de produtos modulares; exemplos industriais de produtos modulares; vantagens e custos dos produtos modulares; diferença entre produtos modulares e produtos convencionais; manufatura modular; gestão do conhecimento e colaboração remota no projeto de produtos modulares; e impacto dos produtos modulares na manufatura e na engenharia simultânea.

- STONE, R., WOOD, K. CRAWFORD, R. A Heuristic Method to Identify Modules from a Functional Description of a Product. Proceedings of DETC 98, DETC 98/DTM – 5642, Atlanta, GA, 1998. Disponível em: <http://web.umn.edu/~rstone/research/DTM-5642.pdf> . Acesso em: Julho de 2002.

**Comentário:** Este artigo apresenta um método para definição de módulos a partir da estrutura funcional de um produto. O método, que consiste basicamente na aplicação de três heurísticas à estrutura funcional do produto, é simples e de fácil aplicação. Os módulos definidos através deste método podem ser utilizados para criar uma variedade de produtos através de compartilhamento e permutação.

- ULRICH, K., TUNG, K. Fundamentals of Product Modularity. Issues in Design Manufacture/Integration. DE-Vol. 39, ASME 1991.

**Comentário:** Este é um dos primeiros trabalhos sobre produtos modulares, sua leitura é altamente recomendável. As principais contribuições deste artigo são: 1) apresentação de uma definição de modularidade, bastante utilizada e citada por outros autores; 2) apresentação de forma resumida e clara dos principais benefícios e custos associados à modularidade; 3) apresentação de uma tipologia da modularidade, amplamente utilizada por outros autores.

- ULRICH, K. The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm. Research Policy, vol. 24, pp. 419-440, 1995.

**Comentário:** A leitura deste artigo é altamente recomendável para todos os interessados neste assunto. O artigo é bastante didático e de fácil entendimento. Suas principais contribuições são: 1) definições, discussão e exemplos do que vem a ser arquitetura modular e arquitetura integral; 2) apresentação de uma tipologia de arquitetura modular com exemplos ilustrativos que facilitam o entendimento; 3) faz uma conexão entre a arquitetura do produto e cinco áreas de relevância em termos de gestão do negócio, são elas: a) mudanças nos produtos b) variedade de produtos, c) padronização de componentes, d) desempenho do produto e e) gestão do desenvolvimento de produtos

- MILLER, T. D., ELGARD, P. Defining Modules, Modularity and Modularization. Design for Integration in Manufacturing. Proceedings of the 13<sup>th</sup> IPS Research Seminar, Fuglsoe, 1998. Disponível em: <http://www.kp.mek.dtu.dk/research/phdprojects/modularengineering/Files/Papers/Modularity.PDF> . Acesso em: Julho de 2002.

**Comentário:** Este artigo trás, inicialmente, uma interessante revisão histórica sobre produtos modulares. Em seguida, os autores fazem algumas colocações sobre módulos como portadores do conhecimento das empresas. Os motivos da modularização de produtos - criação de variedade, utilização de similaridades, e redução de complexidades - são apresentados e comentados. Uma característica positiva deste artigo é a apresentação de forma clara, que conceito de módulo é dependente do contexto (ponto de vista), ou seja, os autores defendem que módulos podem ser vistos como produtos, módulos ou componentes, dependendo do sistema do qual este faz parte. O conteúdo deste artigo é importante na formação dos conceitos de módulo e modularidade.

- ISHII, K. Modularity: a Key Concept in Product Life-cycle Engineering. In MOLINA, A., KUSIAK, A. eds, Handbook of Life-cycle Enterprise, Kluwer Academic Publishers, pp.511-531. 1998. Disponível em: <http://www.mml.stanford.edu/research/papers/1998/1998.Lebook.ishii/1998.Lebook.ishii.pdf> . Acesso em: Julho de 2002.

**Comentário:** Este artigo apresenta uma série de métricas para avaliar a modularidade de produtos em várias fases de seu ciclo de vida. Essas métricas são utilizadas em gráficos que permitem uma avaliação visual (gráfica) do impacto da modularidade na manufatura, na manutenção e na reciclagem. A leitura deste artigo é importante, pois nele apresenta-se a importância de se considerar aspectos de ciclo de vida no processo de modularização do produto. Esse tipo de consideração não é feita em muitos trabalhos, que só enfocam a importância da modularidade na criação de variedade, padronização e facilidade de mudanças no produto, ignorando aspectos de ciclo de vida, que são vitais para o sucesso do produto.

- GERSHENSON, J. K., PRASAD, G. J. Product Modularity and its effect on service and Maintenance. Proceedings of the 1997 Maintenance and Reliability Conference, Knoxville. 1997. Disponível em: <http://www.me.mtu.edu/~jkgershe/lel/research/MARCON'97.pdf> . Acesso em: Julho de 2002.

**Comentário:** Este artigo segue a linha da modularidade no ciclo de vida do produto, especificamente, modularidade na manutenção. A principal contribuição deste trabalho é a apresentação de uma definição de modularidade na manutenção e sua aplicação no reprojeto de uma cafeteira elétrica visando melhorar sua mantenedibilidade

- GERSHENSON, J. K., PRASAD, G. J. Modularity in Product Design for Manufacturability. International Journal of Agile Manufacturing, Vol. 1, Issue 1, Agosto, 1997. Disponível em: <http://www.me.mtu.edu/~jkgershe/lel/research/IJAM'97.pdf> . Acesso em: Julho de 2002.

**Comentário:** Este artigo é complementar ao anterior, sendo que a parte inicial do artigo é idêntica. A diferença entre os dois artigos é que este enfoca a modularidade na manufatura de produtos. A mesma cafeteira elétrica é usada como exemplo de reprojeto, visando facilitar, simplificar e diminuir o custo da manufatura.

- SCALICE, R. K., FORCELLINI, F. A., BACK, N. Novas Contribuições ao projeto de produtos modulares – Proposta de uma Abordagem Metodológica. Anais do XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica. Uberlândia, 2001.

**Comentário:** Este artigo apresenta uma metodologia completa para o projeto de produtos modulares, iniciando com o projeto informacional e culminando no projeto detalhado. A metodologia é estruturada em fases etapas e tarefas, que prescrevem o que fazer e quais ferramentas utilizar. As principais contribuições deste trabalho são: 1) a introdução do conceito de núcleos funcionais e sua utilização na síntese funcional do sistema modular, que auxilia na definição dos módulos; 2) a introdução da ferramenta denominada PSI (Processo de Seleção de Interfaces). O processo de definição dos módulos é baseado ,principalmente, em aspectos funcionais, enquanto aspectos relacionados com o ciclo de vida do produto não são considerados explicitamente.

- ERIXON, G., YUXKULL, A., ARNSTROM, A. Modularity – The Basis for Product and Factory Reengineering. CIRP, vol. 45/1/1996, pp.1-6.

**Comentário:** Neste artigo, a metodologia, denominada MFD (*Modular Function Deployment*), é apresentada em cinco passos. Cada passo especifica ações a serem tomadas e as ferramentas a serem utilizadas. Dentre as ferramentas utilizadas nesta metodologia, pode-se destacar a MIM (*Module Indication Matrix* – Matriz Indicadora de Módulos) e a Matriz de Interfaces. Um dos pilares da MIM é um conjunto de Diretrizes de Modularização, que são, na verdade, aspectos motivadores para o desenvolvimento de produtos modulares. Tais diretrizes são relativas a diversas fases do CV do produto.