

Design e Seleção de Materiais: a possibilidade e a necessidade de um sistema informacional.
Design and Materials Selection: possibility and necessity of an information resource.

WALTER, Yuri
Mestrando em Desenho Industrial – UNESP
MARAR, João Fernando
Doutor em Ciência da Computação – UFPE e Coordenador do SACI/FC/UNESP
ALENCAR, Francisco de
Doutor em Energia na Agricultura/Agronomia – UNESP e Vice-chefe do Dep. de Desenho Industrial –
FAAC/UNESP
FERRANTE, Maurizio
Professor Titular do Departamento de Engenharia de Materiais da
Universidade Federal de São Carlos – DEMa/UFSCar

Palavras-chave: Design (Projeto de Produto), Seleção de Materiais, Sistemas de Informação.

Resumo: O presente trabalho procura, através de pesquisa bibliográfica, explorar as semelhanças e diferenças entre os métodos de Seleção de Materiais e a prática do Projeto de Produto, buscando detectar as lacunas a serem preenchidas para que tais técnicas possam ser utilizadas por designers e apontando para pesquisas futuras.

Keywords: Design (Product Development), Materials Selection, Information Systems

Abstract: This paper investigate the similarities and contradictions in the practices of Materials Selection and Industrial Design, searching for gaps to be crossed-over to the application of those techniques by designers and pointing to future researches.

Design e Seleção de Materiais: a possibilidade e a necessidade de um sistema informacional.

1. Introdução

“Um produto permanece um conceito, uma idéia, ou talvez um desenho, se nenhum material estiver disponível para convertê-lo numa entidade tangível” (EVBOUMWAN *et al.*, 1995). Ou seja, não há produto sem um material para constituir-lo, com exceção para os produtos de mídia virtual, ainda que estes necessitem de equipamentos para serem acessados. Pode-se ampliar este conceito, afirmando que a existência de um produto depende de seu material constituinte e de um processo de fabricação para dar-lhe forma. A concepção de um produto, ainda que nos primeiros rascunhos, em geral carrega consigo a escolha de um

material e a opção por um processo de fabricação. O repertório utilizado pelo designer para determinar sua opção de material/processo está intimamente ligado à sua formação, sua experiência prática e às informações a que têm acesso.

Informações sobre materiais e processos de fabricação estão disponíveis com diferentes conteúdos, suportes e interfaces. Existem recursos gratuitos disponíveis na *Internet*¹, e sistemas *online* por assinatura², além dos tradicionais *Handbooks*, e do material publicitário disponibilizado por fornecedores de materiais. Entretanto, tais informações não estão sistematizadas de forma que o designer possa recuperá-las, à medida de sua vontade/necessidade, mas sim no formato de “folhas de dados” (*datasheets*). São fontes de extrema utilidade quando é necessário encontrar um ou mais dados a respeito de um material, mas sua utilidade decresce na medida em que se deseja uma investigação mais ampla, a partir de condições de uso, em busca de um grupo de materiais candidatos para a constituição do produto em desenvolvimento. SAPUAN (2001) enumera diversos sistemas e fontes de dados desenvolvidos nos últimos anos para Projetos Mecânicos (*Mechanical and Engineering Design*).

O trabalho realizado por ASSUNÇÃO (2002) indica que as metodologias para Seleção de Materiais (SM) não são empregadas por designers de produto e arquitetos no Brasil. Após a realização de entrevistas não-sistematizadas, inquirindo sobre a possível utilização destas metodologias na atuação dos projetistas, o citado autor não encontrou “qualquer pessoa que fosse contra essa proposição, muito pelo contrario, absolutamente todas as pessoas contatadas se mostraram interessadas e manifestaram a necessidade de tal trabalho. Entretanto, a maioria se mostra céptica à possibilidade de utilização das metodologias (...), pelo menos não no estado em que se apresentam hoje em dia. A maioria (...) considerou extremamente simples o raciocínio por trás das metodologias, mas as entendeu como definitivamente contraproducente (...) nos moldes em que elas se apresentam”.

O presente trabalho procura, através de pesquisa bibliográfica, explorar as semelhanças e diferenças entre os métodos de Seleção de Materiais e a prática do Projeto de Produto (PP), buscando detectar as lacunas a serem preenchidas para que tais técnicas possam ser utilizadas por designers.

2. Seleção de Materiais e relações com o Projeto de Produto

Estima-se a existência, hoje, de uma gama de mais de 50.000 diferentes materiais disponíveis no mercado mundial (FERRANTE, 2002). Selecioná-los sem uma sistemática de ação e uma fonte confiável de dados pode tornar-se uma tarefa tão penosa quanto frustrante. À metodologia desenvolvida para tal dá-se o nome Seleção de Materiais (SM). Uma das práticas da SM consiste da aplicação de *Índices de Mérito* (IM) ao conjunto de dados. Os IM, estabelecidos matematicamente após uma análise técnica do desempenho que se pretende obter (redução de peso, resistência à riscos, etc.), permitem ao designer compara, simultaneamente, mais de uma propriedade do material (realizando, por exemplo, comparações entre resistência sobre densidade - σ/ρ - em busca de um material mais leve para uma certa solicitação mecânica). A visualização destas relações entre propriedades é muito facilitada pela utilização dos Mapas de Propriedades de Materiais (*Materials Property Charts*), originalmente introduzidos por ASHBY (1989), que são suporte do *software Cambridge Materials Selector* (CMS). Em sucessivos passos, comparando-se diferentes propriedades, o selecionador caminha de uma vasta opção de materiais para uma lista daqueles adequados ao seu projeto, para serem estudados em maior profundidade até que a opção mais adequada seja encontrada.

Este método, além da utilização de mapas, encerra a filosofia da Seleção de Materiais: procurar entre os materiais existentes aquele mais adequado, através de sucessivas etapas de eliminação, de modo a não ignorar possibilidades anteriormente não reconhecidas pela experiência e percepção do projetista (FERRANTE, 2002).

Ressalta-se que a seleção de um material não pode ser dissociada da seleção de um processo para a transformação do primeiro em produto acabado, uma vez que um é condicionante do outro, influenciando nas características finais e na viabilidade de produção, com a qualidade, quantidade e custo unitário adequados (LOVATT & SHERCLIFF, 1998).

Segundo EVBUOMWAN *et al.*, a problemática da seleção de materiais em relação ao produto pode ser compreendida pela relação de três fatores principais, a saber: Materiais (tipos e propriedades); Processos de Fabricação (possibilidades, variáveis e limitações); e Forma (formato e tamanho), que interagem na busca de atender aos requisitos de um determinado produto ou componente. O Quadro I demonstra a relação entre estas variáveis, quando um ou mais fatores considerado fixo ou desprezível.

Fixo ou Desprezível	Variável
Material	Forma e Processo de Fabricação
Processo de Fabricação	Material e Forma
Forma	Material e Processo de Fabricação
Material e Processo de Fabricação	Forma
Material e Forma	Processo de Fabricação
Forma e Processo de Fabricação	Material
Nenhum	Material, Processo de Fabricação e Forma

Quadro I: Relação entre os fatores principais da problemática da Seleção de Materiais para o Projeto de Produto. Fonte: EVBUOMWAN *et al.*, 1995.

As interações demonstram um processo dinâmico entre a Seleção de Materiais e o Projeto de Produto. Por exemplo, a utilização de um determinado material (termoplástico) implicará na opção por um de um conjunto de processos capazes de transformá-lo (injeção, termoformagem, etc.). Por sua vez, a opção por um par material/processo (termoplástico/termoformagem) implicará em limites para o estabelecimento da forma final do produto (será possível fabricar um copo, mas não uma xícara, pois a termoformagem de termoplásticos não permitirá a execução da “asa” da xícara). A dinâmica de relações de influência é explicitada na Figura I.

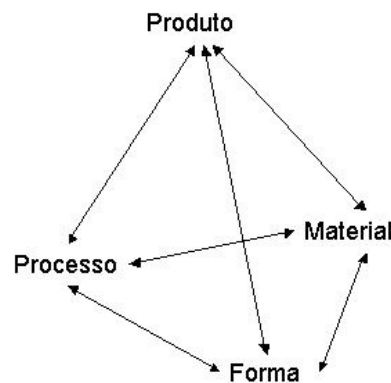


Figura I: Dinâmica de relações entre Materiais, Processos de Fabricação e Forma na concepção dos produtos industrializados. Os três fatores relacionam-se mutuamente e determinam as características finais do produto.

Os sistemas de informação para Seleção de Materiais e Processos de Fabricação (SMPF) têm evoluído muito nos últimos anos, principalmente pela adição de novas tecnologias, como *Knowledge Based Systems* (KBS) e *Self Organized Maps* (SOM), por exemplo (veja RODGERS & HUXOR, 1998; RAVIWONGSE, ALLADA & SANDIDGE, 2000; SAPUAN, 2001). Tais sistemas devem ser estudados para que se tenha noção exata de sua aplicabilidade ao processo de seleção desejado e à especificidade do público que se utilizaria de tal sistema, neste caso, designers brasileiros.

Como afirmam RODGERS & HUXOR (1998), sistemas distribuídos via *internet* tem sido estudados com interesse e sucesso, pois compreendem a filosofia de serem um meio “distribuído para *designers*, fabricantes, ergonomistas (...) ao redor do mundo expressarem e compartilharem seu conhecimento, informação e *expertise*”. De maneira geral, segundo LOVATT & SHERCLIFF (1998), um sistema de informações deve ser tal que estimule e dê vazão à criatividade do projetista, ao invés de suprimi-la.

Exercer a capacidade criativa, no entanto, implica na percepção real do material, principalmente pelo contato do projetista com amostras do mesmo. Deste ponto de vista, têm destaque experiências realizadas pelo

Núcleo de Design e Seleção de Materiais da UFRGS³, e pela empresa Material Connexion, no tocante a Bibliotecas Físicas de Amostras de Materiais (Materiotecas). Em entrevista para a revista ARCDDESIGN, o designer Arthur de Mattos Casas, quando inquirido sobre qual dentre as “novidades do exterior” mais gostaria de encontrar no Brasil, responde “a biblioteca do Material Connexion” (ESTRADA, 2002), indicando a demanda pelo contato físico com amostras de materiais. Mesmo que muito rico em informações e com uma interface amigável, um banco de dados virtual é incapaz de substituir a experiência do contato entre designer e material. Restam dúvidas acerca da melhor maneira de dispor as amostras na Materioteca, se estas devem possuir exemplos de cada classe de materiais (polímeros, metais, cerâmicas, compósitos e materiais naturais) ou basearem-se no princípio “quanto mais amostras melhor”, acerca da maneira de incluir os processos de fabricação, entre outros aspectos.

3. O Projeto e sua relação com a Seleção de Materiais

De maneira geral, o projeto de produto é considerado como uma atividade complexa e passível de controle que, se conduzida corretamente, leva ao desenvolvimento de um produto de sucesso, entendido como aquele que preenche requisitos estabelecidos no *briefing* de design, com a harmonia desejada entre características técnicas, formais, de funcionalidade, culturais, econômicas e socio-ambientais.

EVBUOMWAN *et al.* (1996) apresenta uma revisão das metodologias e das filosofias desenvolvidas nas últimas décadas para a compreensão e sistematização do Projeto de Produto. Em todos os métodos apresentados, a coleta de informações sobre materiais e processos faz-se necessária, como forma de viabilização da produção industrial do produto em desenvolvimento.

A coleta e utilização de informações no projeto de produto, assim como as demais etapas de Projeto, como a criação de modelos e a experimentação de soluções têm evoluído de sistemas lineares para sistemas concorrentes e simultâneos (LOBACH, 2001; MALDONADO, 1991; BONSIPE, 1983; BAXTER, 1995). Sistemas auxiliares, em geral baseados em tecnologia de computadores (*Computer Aided Design*) são cada vez mais necessários, pois são adequados a este caráter concorrente e simultâneo das atividades relacionadas ao Projeto de Produto (EVBUOMWAN, SIVALOGANATHAN & JEBB, 1996).

Nota-se que, para atender à demanda em etapas preliminares do design, os sistemas informacionais devem apresentar informações além daquelas sobre propriedades mecânicas, ou seja, informações que explicitem ou forneçam indicações sobre a percepção do material pelo homem (rugosidade para percepção tátil, brilho para percepção visual, etc.). Tais percepções foram parcialmente estudadas por KINDLEIN *et al.* (1998). Entretanto, o campo ainda permanece vasto para novos estudos.

Cabe mencionar o trabalho do Prof. Peter Kroes, que vem estudando os aspectos filosóficos da questão metodológica para desenvolvimento de produtos. Sua abordagem baseia-se na dualidade dos artefatos, ou seja, no fato de que todo artefato produzido pelo homem possui atributos tangíveis e mensuráveis (estruturais) e atributos intangíveis, relacionados à funcionalidade. Esta funcionalidade encerra aspectos dos mais diversos, desde aspectos relacionados diretamente ao uso até aspectos estéticos e psicológicos dos produtos (KROES, 2002). Tal abordagem, que centra o estudo metodológico do Projeto de Produtos em seu produto final (o artefato), ao invés de centrá-lo no processo projetual (o método) pretende apontar para novas soluções em metodologia, garantindo o sucesso de novos lançamentos, e vem de encontro aos estudos recentemente publicados na área de seleção de materiais, que unem a abordagem de SMPF com as de Design e de Marketing (LJUNBERG & EDWARDS, 2003).

Posicionados de maneira mais extrema em relação às propriedades “sensoriais” dos materiais, LJUNBERG e EDWARDS (2003) sugerem que as propriedades “metafísicas” (*metaphysical properties*, como os autores às denominam) sejam utilizadas como elementos delimitadores no processo de Seleção. Assim, determinados mercados, como uma das implicações desta linha de raciocínio, indicariam o uso de determinados materiais. Por exemplo, mobiliário projetado para a classe A necessariamente deveria ser constituído de madeiras nobres, e nunca de painéis compostos (*wood panels* e *fiberboards*); relógios para a mesma classe deverão ser fabricados em metais nobres; e assim por diante. Este sistema parece contradizer a proposição de que a SMPF deve ser tal que estimule e dê vazão à criatividade do projetista, ao invés de suprimi-la (LOVATT & SHERCLIFF, 1998). O posicionamento adotado pelos autores não explica o sucesso de marcas de relógios

fabricados em alumínio ou termoplásticos e borrachas, ou de móveis fabricados em MDF (*Midle Density Fiberboard*). ASHBY e JOHNSON (2003) apresentam uma investigação que pretende associar os materiais/processos empregados na concepção da “personalidade do produto”. Realizam a comparação entre diferentes exemplares de produtos com usos semelhantes, constituídos de materiais diferentes, e do uso de matérias ao longo da história do design e seus movimentos (madeiras e têxteis no *Arts&Crafts*; madeira, bronze e ferro no *Art Nouveau*; baquelite, couro e cromados no *Art Deco*; aço cromado, couro e painéis compensados na Bauhaus; etc.). A questão permanece em aberto, especialmente porque as relações entre os materiais/processos com a percepção do usuário variam segundo o mercado, a região e o tempo (LJUNBERG e EDWARDS, 2003; ASHBY e JOHNSON, 2003).

A Figura II mostra o *Design Model* adotado pela British Standards na norma técnica BS 7000. No fluxograma adotado nota-se que o modelo está conceituado de forma que as etapas de processo entre o *Brief* de design e as instruções para manufatura são parte de um processo maior. Assim, assume-se uma dinâmica não linear entre os quatro estágios do projeto, de forma que é possível (e, muitas vezes, necessário) realizar *feedbacks* (retro-alimentações) entre as etapas, que são: Design Conceitual; “Embodiment Design” (ou “Design Encorpado”); Projeto Detalhado; e o Projeto para Manufatura. A dinâmica permite que, por exemplo, numa etapa do detalhamento do projeto, caso identifique-se um novo problema conceitual, seja possível retornar ao design conceitual para corrigi-lo.

O Fluxograma da Figura II pode ser utilizado para explicitar o processo de projeto de produto em diferentes campos de atuação do Design, desde produtos de maior complexidade (no tocante a número e detalhamento de componentes, sistemas e sub-sistemas) até de menor complexidade. Nota-se, no tocante à Seleção de Materiais, que a quantidade e precisão das informações necessárias ao PP varia segundo o estágio de projeto alcançado. Informações na etapa de Design Conceitual devem ser mais genéricas (menos detalhadas), e sobre um número maior de possibilidades, sendo diminuídas em quantidade de itens (materiais, processos) e acrescidas em detalhamento (número e precisão de valores de propriedades dos materiais/processos) à medida que se caminha para o Projeto para Manufatura.

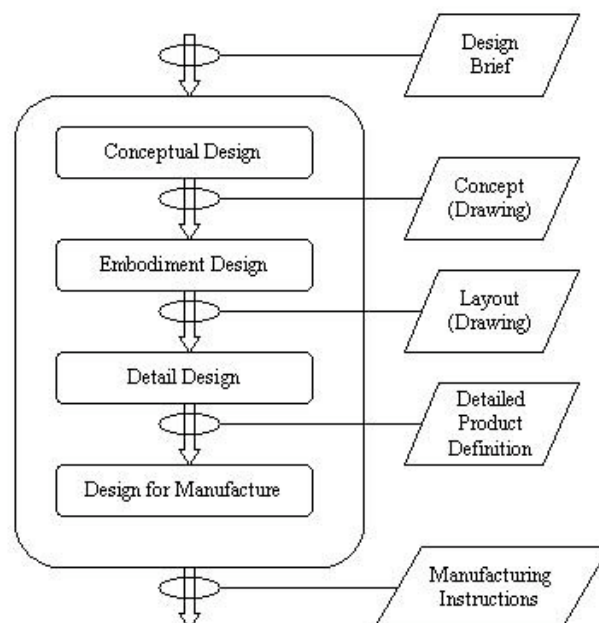


Figura II: O Modelo de Design (*Design Model*) apresentado pela British Standard, a BS 7000. Fonte: EVBUOMWAN *et al.*, 1995.

A metodologia atualmente desenvolvida para Seleção de Materiais e Processos de Manufatura parece mais adequada às etapas finais de PP (Projeto Detalhado e Projeto para Manufatura). Entretanto, um produto conceituado de maneira a desconsiderar seu par material/processo pode implicar numa problemática insolúvel na etapa de detalhamento, obrigando a equipe de projeto a retornar para o conceito, com o custo, o aumento de *time to market* e a natural insatisfação pessoal que isto acarreta. Tomando o exemplo do item 2,

um copo projetado num conceito de usabilidade que implica a existência de uma alça, “asa” ou outra saliência que exceda a forma cônica será descartado na etapa de detalhamento, quando constatado que o fabricante/cliente possui em sua linha de produção apenas equipamentos de termoformagem.

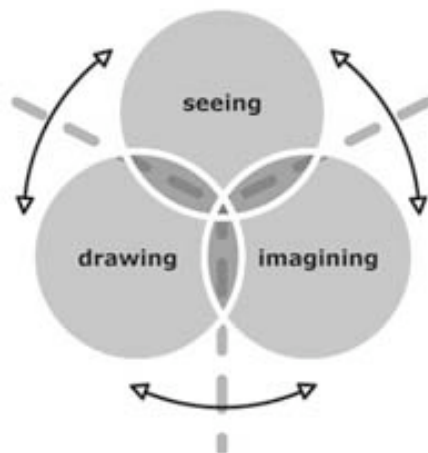


Figura III: O modelo de McKim utilizado por Van Berzooyen: *Visualizing and Visual Thinking in the Process of Ideation*. Fonte: Material Explorer Project, <http://www.vanbezooeyen.com/materialexplorer/index.html>

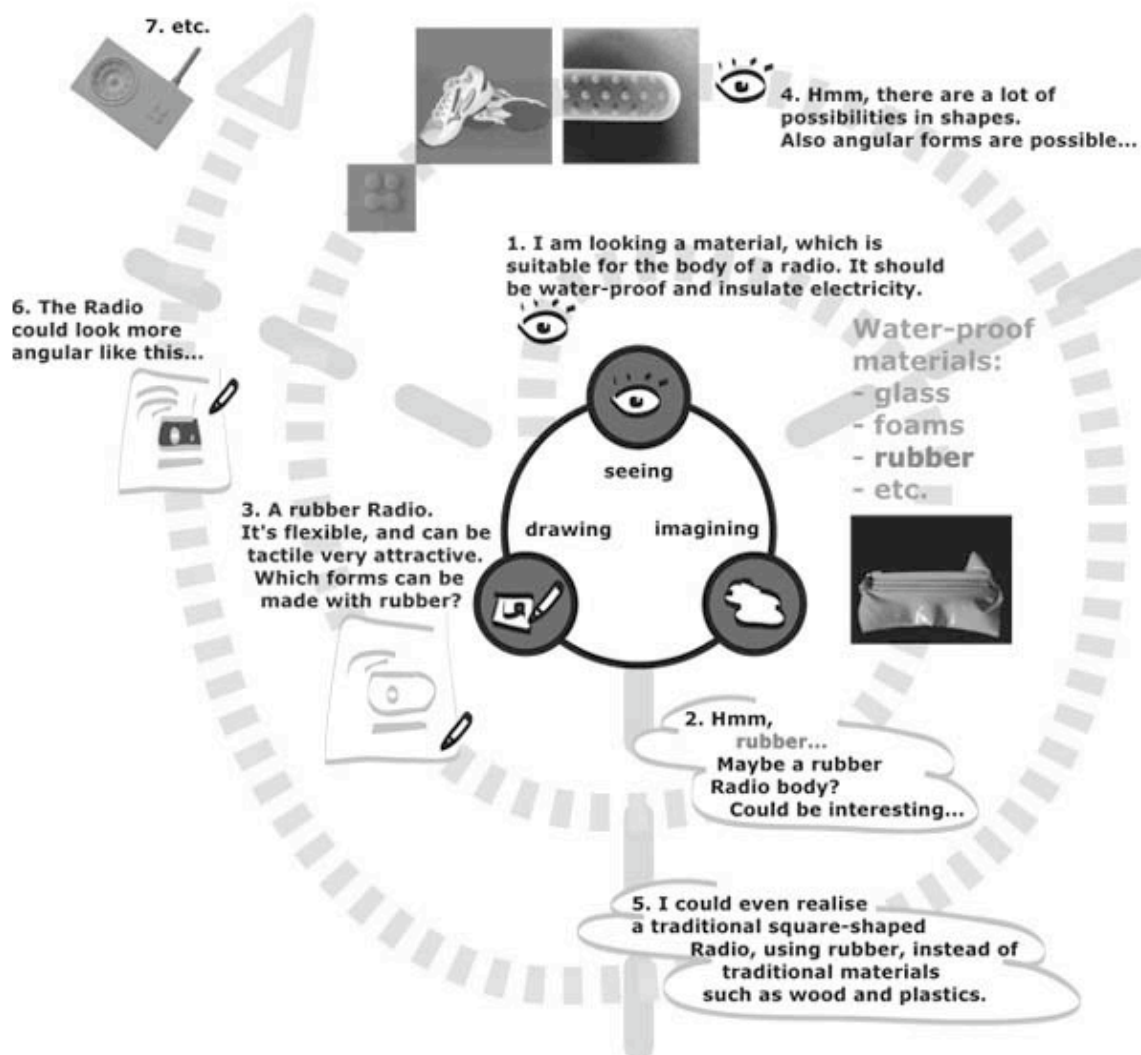


Figura IV: Processo interativo entre Seleção de Materiais e Projeto de Produto. SM e PP podem ocorrer simultaneamente durante a criação de um novo produto, num ciclo de atividades (1 a 7) que exemplificam o processo de *ideation* da Figura III. Fonte: Material Explorer Project, <http://www.vanbezooeyen.com/materialexplorer/index.html>.

Van Benzooyen (2004), na elaboração de uma interface amigável para um sistema de SM na TUDelft, Holanda, destaca, em concordância com a BS 7000, que a SM não deve se dar apenas numa etapa final, de focada sobre um quadro bem determinado. SM e PP podem ocorrer de maneira simultânea, onde um processo suporta e auxilia o outro de maneira recíproca. A figura III demonstra o processo/modelo de *ideation* (geração de idéias) utilizado pelo autor, com o estímulo externo – representado pela visão, recebendo e interpretando uma informação visual – acompanhado do ato interiorizado do designer – representado pela imaginação – e da externalização de um conceito – representado pelo ato de desenhar, repetido ciclicamente ao longo do processo criativo. A Figura IV exemplifica este processo na concepção de um novo aparelho de rádio.

Parece-nos que a contradição diagnosticada por ASSUNÇÃO, 2002 – donde projetistas vislumbram boas possibilidades na Seleção de Materiais, compreendem o raciocínio por detrás de seus métodos, mas negam-se a utilizá-los e consideram a sistemática atual infrutífera – explica-se na sugestão de BENZOOYEN e na análise dos modelos de desenvolvimento de produtos, quando contrapostos com a rigidez de alguns dos métodos de SM estudados.

4. Conclusões

A dinâmica de Seleção de Materiais e Processos de Fabricação e, conseqüentemente, de seus sistemas, deve ser tão flexível quanto os modelos de projeto de produto, permitindo sua utilização em estágios que vão do Design Conceitual ao Projeto para Manufatura. Enquanto as etapas mais detalhadas, e mais próximas da atividade de engenharia (*engineering design*) estão mais sedimentadas em relação aos métodos de SM, as etapas mais conceituais, de grande importância no sucesso do Projeto de Produto, ainda carecem de estudos.

A importância de tal sistema pode ser explicitada no conceito desenvolvido por BONSIEPE (1983) que afirma a necessidade do design em países periféricos como inerente à resolução de problemas de produção, ou seja, à projeção de artigos exequíveis no parque fabril nacional, donde se produziria o melhor possível sem (ou reduzindo-se) a necessidade de aquisição de novas tecnologias de países centrais. Obter o melhor da tecnologia vigente implica em conhecer tais processos de produção, bem como, os materiais disponíveis no mercado nacional.

Um sistema adequado de SMPF deverá ampliar as possibilidades de criação de designers atuantes no mercado, bem como, servir como ferramenta didática no ensino de design no país, viabilizando conceitos, aproximando arte e técnica.

5. Pesquisas Futuras

A pesquisa bibliográfica aponta para o exequidade de um sistema informacional de Seleção de Materiais e de Processos de Fabricação, dada a compatibilidade dos métodos, bem como, para o interesse e a necessidade por tal sistema. Estudos mais detalhados sobre o tipo e a quantidade de informações desejadas por projetistas brasileiros deverão ser realizados. As questões debatidas no Item 3 sobre a relação dos materiais/processos com as percepções dos indivíduos em relação aos produtos devem ser aprofundadas, de modo que se possa trazer informações úteis aos projetista e sugerir idéias associativas sem que, entretanto, o sistema tome decisões no projeto, inibindo a criatividade do usuário.

A composição e avaliação de sucesso da Materioteca do NDSM/UFRGS, objetivando a sugestão de melhorias e a implantação de outras Materiotecas, é um interessante objeto de estudo.

As condições básicas a serem levantadas podem servir de base para estudos sobre os sistemas operacionais/computacionais envolvidos na execução de um sistema deste tipo, bem como, para levantamentos sobre a disponibilidade de dados e amostras junto de fornecedores de materiais.

Tais pesquisas serão realizadas no âmbito de um programa de pós-graduação, nível mestrado, cuja primeira etapa de trabalho realizada encontra-se resumida neste artigo.

¹ Veja MatWeb – Material Property Data: www.matweb.com, entre outros.

² Como o serviço Material Connexion em www.materialconnexion.com

³ Núcleo de Design e Seleção de Materiais – NDSM/UFRGS, www.ufrgs.br/ndsm

Bibliografia

- ASHBY, M.F **The Engineering Properties of Materials**. Acta Metall, 37 (5) 1271, 1989.
- ASHBY, M.F. and JOHNSON, K. **The Art of Materials Selection**. Materials Today, V6, I12, pg24-35, Dez/2003.
- ASSUNÇÃO, R. B. **Eco-Design e Seleção de Materiais para Nobiliário Urbano**. Dissertação de Mestrado, UFOP, 2002.
- BONSIEPE, G. **A Tecnologia da Tecnologia**. São Paulo: Edgard Blücher,.1983.
- BAXTER, M. **Projeto de Produto**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1995.
- Confederação Nacional das Indústrias – CNI: www.cni.org.br
- ESTRADA, M. H. - **Ping Pong Milanês**, ARCDISEIGN, 25 (58), 2002.
- EVBUOMWAN, N. F. O., SIVALOGANATHAN, J. & JEBB, A. **A survey of Design Philosophies, Models, Methods and Systems**. Proc Instn Mech Engrs, Vol 210, p301-320, 1996.
- FERRANTE, M. **Seleção de Materiais**. São Carlos: EDUFSCar, 1996. Segunda Edição 2002.
- JEE , D., & KANG, K. **A method for optimal material selection aided with decision making theory**. Materials & Design, 21, p199-2006, 2000.
- KINDLEIN, W. Jr et al – **Relação das propriedades de condutividade térmica e dureza com a percepção tátil de alguns materiais utilizados em projeto de produto**. www.ufrgs.br/ndsm, 1999.
- KROES, P **Design Methodology and the nature of technical artifacts**. Design Studies, 23, p287-302, 2002.
- LJUNBERG, L. Y. & EDWARDS, K. L. **Design, materials selection and marketing of successful products**. Materials & Design, 24, p519-529, Mar/2003
- LOBACH, B. **Design Industrial**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2001.
- LOVATT, A. M. & SHERCLIFF, H. R. **Manufacturing process salection in engineering design. Part 1: the role of process selection**. Materials & Design, 19, p205-215, 1998.
- MALDONADO, T. **Design Industrial**. Lisboa: Edições 70, 1991.
- RAVIWONGSE, R., ALLADA, V. & SANDIDGE, T. **Plastic manufacturing procces selection methodology using Self-Organising Map (SOM)/Fuzzy Analysis**, Advanced Manufacturing Technology, 16, p155-161, 2000.
- RODGERS, P. A. & HUXOR, A. P. **The role of artificial intelligence as text within design**. Design Studies, 19, p143-160, 1998.
- SAPUAN, S. M. **A knowledge-based system for materials selection in mechanical engineering design**. Materials & Design, 22, p687-695, 2001.
- VanBEZOOYEN, A. **Material Explorer Project**. Trabalho de Graduação, TUDelft: 2004.
<<http://www.vanbezooyen.com/materialexplorer/>>

Yuri Walter: yuriw@faac.unesp.br

João Fernando Marar: fermarar@fc.unesp.br

Francisco de Alencar: chicodealencar@uol.com.br

Maurizio Ferrante: ferrante@power.ufscar.br