



YURI WALTER

O CONTEÚDO DA FORMA: SUBSÍDIOS PARA SELEÇÃO DE MATERIAIS E DESIGN

Departamento de Engenharia de Design de Produto
Coordenação de Design Industrial do FAPESP
UNESP – Faculdade de Arquitetura, Artes e
Comunicação da Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus
Bauru, como requisito parcial à obtenção do
grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. João Fernando Moura

Bauru

2006



YURI WALTER

O CONTEÚDO DA FORMA: SUBSÍDIOS PARA SELEÇÃO DE MATERIAIS E DESIGN

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação Desenho Industrial, da FAAC-UNESP – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Campus Bauru, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. João Fernando Marar

Bauru

2006



**DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
UNESP - BAURU**

Walter, Yuri.

O conteúdo da forma: subsídios para seleção
de materiais e design / Yuri Walter, 2006.
113 f.

Orientador: João Fernando Marar.

Dissertação (Mestrado) - Universidade
Estadual Paulista. Faculdade de
Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru,
2007.

1. Projeto de produto. 2. Seleção de
materiais. 3. Sistemas de informação. I
- Universidade Estadual Paulista

Ficha catalográfica elaborada por Maria Marlene Zaniboni - CRB-8 4962

YURI WALTER

O CONTEÚDO DA FORMA: SUBSÍDIOS PARA SELEÇÃO DE MATERIAIS E DESIGN

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação Desenho Industrial, da FAAC-UNESP – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Campus Bauru, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. João Fernando Marar
Universidade Estadual Paulista - UNESP

Prof. Dr. Maurizio Ferrante
Universidade Federal de São Carlos – UFSCar

Prof. Dr. Wilson Kindlein Júnior
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – URGs

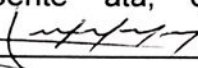
Bauru, 05 de Abril de 2006

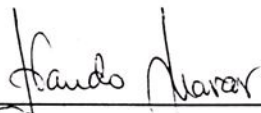


ATA DA DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE YURI WALTER, ALUNO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENHO INDUSTRIAL, DA FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO, UNESP, CAMPUS DE BAURU.

Aos cinco dias do mês de abril de dois mil e seis, às quinze horas, na sala dos Órgãos colegiados do *campus* de Bauru, instalou-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública de Dissertação de Mestrado composta pelos seguintes Membros: Prof. Dr. João Fernando Marar, Professor do Programa de Pós-graduação em Desenho Industrial da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação - UNESP - campus de Bauru, Presidente, Prof. Dr. Maurizio Ferrante, Professor do Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos - UFScar, Prof. Dr. Wilson Kindlein Júnior, Professor do Departamento de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, a fim de proceder à arguição pública da Dissertação de Mestrado de **YURI WALTER**, do Programa de Pós-Graduação "Desenho Industrial", desta Faculdade, intitulada: "**O CONTEÚDO DA FORMA: SUBSÍDIOS PARA SELEÇÃO DE MATERIAIS E DESIGN**". Abertos os trabalhos, foi dada a palavra ao Prof. Dr. Wilson Kindlein Júnior, que arguiu o candidato por quarenta minutos, tendo este respondido em vinte minutos. Em seguida, o Prof. Dr. Maurizio Ferrante arguiu o candidato por quarenta minutos, tendo este respondido em vinte minutos. Finalmente o Prof. Dr. João Fernando Marar discorreu sobre o trabalho por vinte minutos. Logo após, reuniu-se a Comissão Examinadora, tendo chegado ao seguinte julgamento, que de público foi anunciado: Prof. Dr. Wilson Kindlein Júnior – conceito: "APROVADO"; Prof. Dr. Maurizio Ferrante – conceito: "APROVADO"; Prof. Dr. João Fernando Marar – conceito: "APROVADO". A Comissão Examinadora



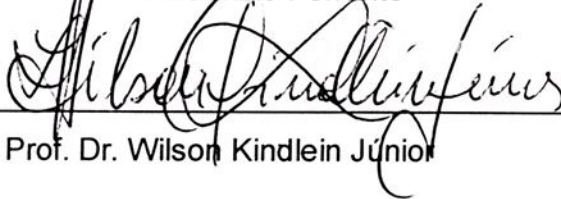
apresentou o conceito final: **"APROVADO"**. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, que vai por mim assinada, Silvio Carlos Decolone  e pela Comissão Examinadora. Bauru, 05 de abril de 2006.



Prof. Dr. João Fernando Marar
(Presidente)



Prof. Dr. Maurizio Ferrante



Prof. Dr. Wilson Kindlein Júnior

AGRADECIMENTOS

O primeiro contato que tive com o debate sobre a área Materiais & Design contou com a compra e autógrafo de um livro, com uma palestra seguida de um ótimo debate com um pesquisador da área, e com uma visita técnica a um departamento de design de uma multinacional. A partir destes três pontos comecei a formular as idéias que, depois de muitas idas e vindas, culminaram nesta dissertação. Por muito me ensinarem e por agora me darem o prazer e a responsabilidade de tê-los como banca examinadora, agradeço ao autor do livro, Maurizio Ferrante, e ao pesquisador, Wilson Kindlein Júnior. Por dispor de tempo para um então aluno de primeiro ano e por me convencer de que este era um trabalho que valeria a pena ser realizado, muito obrigado ao designer Newton Gama.

A realização desta dissertação partiu da premissa de que era necessário compreender de maneira mais profunda a atividade do Design para auxiliar na efetiva integração Materiais & Design. Daí a decisão de realizar tal pesquisa num mestrado em Desenho Industrial, o que me levou para a UNESP/Bauru e, posteriormente, para a UNOPAR/Londrina. Registro aqui o agradecimento ao Programa de Pós-Graduação da FAAC, que aceitou este projeto e deu abertura para um aluno de outra área e instituição, estendendo o agradecimento aos funcionários e professores do programa, que não medem esforços para solucionar qualquer trâmite necessário. Um agradecimento ao meu orientador Prof. Dr. João Fernando Marar, que se dispôs a aprender sobre uma área que não era a sua, abrindo quantas portas fossem necessárias. Pelas valiosas correções e comentários, ao Prof. Dr. César Antunes de Freitas e ao Prof. Dr. Olimpio José Pinheiro.

Agradeço também a Fábio Henrique Casarini Gerônimo, Marcos Chiari,



José Andrade, Lucas Ferreira, Beto Bolsam, Cristiano, Paulo Jasiel Castigio Varalda, José Alex Picolo Sant'Anna, Rogério Adelino de Souza, Nivaldo Pedro Júnior, Marcela Avelar, Anselmo, Wlad, Régis Daniel Cava, os membros do Mercado de Peixe, Rogério Offerri e mais tantos amigos. Ao Prof. Dr. José Rodrigues Angelo Gregolin e toda equipe do NIT/Materiais, Prof. Dr. Amadeu Logarezzi, Prof. Dr. Nilton Menegom, Prof. Dr. Thomas Ishikawa, Prof. Dr. José Roberto G. Da Silva. À Sonia Wada, Sérgio Yamashita e toda a equipe do CITEC/IPT. Prof. Dr. Nelson Frigueto, Prof. Joaquim Gilberto de Oliveira e todos os colegas do CPQBA/Unicamp.

Por todas as conversas, explicações, trocas de referências, bares e debates, aos colegas do mestrado: Benjamim Shiro Yagi, Cristiano Alves da Silva, Fernanda Helena Silva Bordon, Ivan, Ligia Cristina Villa, Leonardo Romer, Maria Teresa Carvalho Devides, Marina Única Diaz Morales, Mauricio Lordello Cortez, Patrícia de Mello Souza, Paula Roberta Pizzarro, Ramsés da Silva Bastos, Rejane Rossi Prado, Roberto Carlos Barduco. Para todos os colegas do curso de Desenho Industrial da UNOPAR Agradeço ao apoio recebido da UNOPAR, em especial ao Prof. Dr. Aloisio José Antunes.

À Lilia Paula Simioni Rodrigues, por acreditar nas minhas idéias e empenhar grande esforço em torná-las realidade.

Aos alunos do projeto InfoDmat: Ana Maria da Rocha Périgo, Bruna Moreira da Silva, Bruno Campos, Juliana Bacchi, Valter César Reginato, Thiago L. Sato Ribeiro, Rafael Ziller, Michael Altomani, Gregório Romero, Alex Cella, Simone Maffei, Julio Valsesia, Ary Bressane, Leonardo R. De Oliveira, Aisten Baldan e todos que virão. Aos professores Gonçalo Baptista Ferraz e Rafael Barzotto Spoladore.

À minha família: Oswaldo, Ecléia, Tatiana, Igor, e agora Flávia e Frederico. Um beijo e um agradecimento especial à Regiane Moura, minha parceira, que sempre me faz caminhar adiante. Muito obrigado!



As coisas têm peso
Massa, volume, tamanho
Tempo, forma, cor
Posição, textura, duração
Densidade, cheiro, valor
Consistência, profundidade
Contorno, temperatura
Função, aparência, preço
Destino, idade, sentido
As coisas não têm paz

Arnaldo Antunes



WALTER, Yuri. **O Conteúdo da Forma: subsídios para Seleção de Materiais e Design**. Bauru, 2006. Dissertação (Mestrado Desenho Industrial) - FAAC-UNESP - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Campus de Bauru.

RESUMO

"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 constituí-lo. 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 a sua formação, sua experiência prática e às informações a que tem acesso. Existem no mercado mais de 50.000 diferentes materiais para a confecção de produtos (FERRANTE, 2002) e selecioná-los sem uma sistemática adequada pode ser uma tarefa tão penosa quanto frustrante. Os métodos de Seleção de Materiais e Processos de Fabricação – SMPF, e seus respectivos sistemas de informação, não vêm sendo utilizados por designers no Brasil (ASSUNÇÃO, 2000) por conta de sua inadequação à atividade projetual. A dinâmica de SMPF 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 estão mais sedimentadas em relação aos métodos de SMPF, as etapas mais conceituais, de grande importância no sucesso do Projeto de Produto, ainda carecem de estudos. Investiga-se a atividade projetual em contraposição aos métodos de SMPF em busca de subsídios para a elaboração de um método e de um sistema informacional de SMPF adequado à atividade de Design no Brasil. Propõe-se sistema composto de um Sistema Digital de Informações (SDI), distribuído, e de uma Coleção Ordenada de Amostras (Materioteca).

Palavras-chave: Projeto de Produto, Seleção de Materiais, Sistema de Informação.



WALTER, Yuri. **The content of the form: subsidies for Materials and Process Selection**. Bauru, 2006. Dissertação (Mestrado Desenho Industrial) - FAAC-UNESP - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Campus de Bauru.

ABSTRACT

"A product remain a concept, an idea or perhaps a drawing, if no material was available to convert it into a tangible entity. Simply, there is no product without a material" (EVBOUMWAN *et al.*, 1995). This concept may be extended by affirming that its existence relies on its material and manufacturing process to embody it. The design of a product, since its rough drafts, implies the election of specific materials and processes. A designer's repertoire for electing materials and processes is intimately related to his/her education, *praxis* and available information. There are over fifty thousand commercial materials for product manufacturing (FERRANTE, 2002) and the selection may be an arduous and frustrating task. Materials and Process Selection (MPS) methods and related information systems have not been used by brazilian designers (ASSUNÇÃO, 2000) due to an inconsistency with product design methods. MPS dynamics and systems shall be as flexible as product design methods, so they may be used at several stages, from conceptual design through design for manufacture. It is fact that more detailed stages, as engineering design, are settled at MPS methods while more conceptual stages, evenly important to product success, still need developments. The present work confronts projectual activities with MPS methods to arise subsidies for developing a more adequate MPS method and informational system for design activities in Brazil. The proposal is to build a distributed digital information system along with a presential ordenate collection of material samples (Materioteca) for Materials and Process Selection.

Key-words: Product Design, Materials Selection, Information Systems.



LISTA DE SIGLAS

AISI – American Iron and Steel Institute

ASM – American Society of Materials

CEM – Ciência e Engenharia de Materiais

COSMAT – Committee on the Survey of Materials Science and Engineering

EM – Engenharia de Materiais

GT – Grupos de Trabalho

HCI – Interface Humano-Computador

KBS – Knowledge Based Systems

LdSM – Laboratório de Design e Seleção de Materiais

NdSM – Núcleo de Design e Seleção de Materiais

PD&I – Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

SAE – Society of Automotive Engineering

SDI – Sistema Digital de Informações

SM – Seleção de Materiais

SMPF – Seleção de Materiais e Processos de Fabricação

SOM – Self Organized Maps

TBC – Teatro Brasileiro de Comédia

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

UNOPAR – Universidade Norte do Paraná



LISTA DE FIGURAS

Figura 01: O ciclo global dos materiais.	38
Figura 02: Esquema ilustrativo de Ciência e Engenharia de Materiais	39
Figura 03: Esquema ilustrativo das áreas de Ciência de Materiais (CM), Engenharia de Materiais (EM) e da Ciência e Engenharia de Materiais (CEM), suas distinções e intersecções em relação escopo de trabalho em torno do Conceito, Composição, Estrutura, Propriedades, Função e Aplicação dos materiais.	39
Figura 04: a relação entre Estrutura, Propriedades e Processamento de Materiais.	40
Figura 05: a relação entre Estrutura, Propriedades, Processamento e Aplicação de Materiais.	44
Figura 06: Seqüência de etapas para um projeto.	49
Figura 07: Ciclo de Vida do Produto no mercado e sua relação com o lucro obtido.	55
Figura 08: Exemplo de design rotineiro nas etapas do desenvolvimento da marca do Teatro Brasileiro de Comédia – TBC.	60
Figura 09: Exemplo de design rotineiro nos desenhos das etapas do desenvolvimento de uma máquina de lavar roupas pelo escritório de design Farné Seragini para a marca ENXUTA.	60
Figura 10: Exemplo de design rotineiro nos renderings e no produto final das etapas do desenvolvimento de uma máquina de lavar roupas pelo escritório de design Farné Seragini para a marca ENXUTA.	61
Figura 11: Exemplo de design rotineiro na composição de imagens da coleção de móveis Gween, Garden e Trio do designer Michel Arnoult para a empresa KPK Interiores.	62
Figura 12: Exemplo de design inovador na composição de imagens indicando a evolução do telefone convencional para o telefone sem fio e, então, para o telefone celular.	63

Figura 13: Exemplo de design criativo na composição de imagens do <i>mouse</i> , periférico para computadores que, quando de seu desenvolvimento, tratava-se de um produto totalmente novo.	63
Figura 14: Exemplo de redesign adaptativo, um aparelho portátil para músicas, o iPod, em sucessivas gerações.	64
Figura 15: Exemplo de redesign adaptativo, o periférico <i>mouse</i> para um novo modelo de microcomputador.	64
Figura 16: Exemplo de redesign variante de um multímetro, pela inclusão de funções de um amperímetro e de um voltímetro.	65
Figura 17: Dois exemplos do redesign variante do periférico <i>mouse</i> para permitir seu acionamento com a utilização do polegar ou para inclusão num computador portátil.	65
Figura 18: O Modelo de Design (<i>Design Model</i>) apresentado pela British Standard, a BS 7000.	71
Figura 19: O Modelo de Design (<i>Design Model</i>) e a Seleção de Materiais.	72
Figura 20: Custo operacional e comprometimento final de custos em função de cada etapa de projeto.	73
Figura 21: Dinâmica de relações entre Materiais, Processos de Fabricação e Forma na concepção dos produtos industrializados.	78
Figura 22: O modelo de McKim utilizado por VAN BEZOOYEN.	80
Figura 23: Processo interativo entre Seleção de Materiais e Projeto de Produto. SM e Design podem ocorrer simultaneamente durante a criação de um novo produto, num ciclo de atividades que exemplificam o processo de <i>ideation</i> da Figura 22.	80
Figura 24: Distinção entre as características de funcionalidade, usabilidade e satisfação dos produtos como função da distinção entre Projeto Técnico e Desenho Industrial.	82
Figura 25: Distinção e analogia entre aspectos “fisiológicos” e “psicológicos” para explicitar a distinção entre os aspectos materiais e imateriais dos produtos.	82

Figura 26: Tela de apresentação da Materioteca do Núcleo de Design e Seleção de Materiais.	89
Figura 27: Protótipo do sistema de armazenamento de amostras na Feevale	91
Figura 28: Salto plataforma em alumínio fundido, vencedor do Prêmio Alcoa de Inovação em Alumínio.	91
Figura 29: Sistema de busca via Internet do Material Connexion.	92
Figura 30: Composição de imagens do Material Connexion.	93
Figura 31: Exemplo de um "datasheet" do Material Connexion.	93
Figura 32: Esquema de acesso aos dados. O usuário identifica uma amostra para então alcançar os dados	99
Figura 33: Esquema de acesso aos dados. Através de um banco de dados relacional é possível buscar materiais semelhantes ou conflitantes.	99
Figura 34: Esquema de utilização da Materioteca. No sistema comum, o usuário não consegue "saltar" de uma amostra para outra.	100
Figura 35: Esquema de utilização da Materioteca. Se as amostras estiverem relacionadas diretamente com uma lista de Materiais Concorrente e/ou com produtos agrupados por uso, é possível realizar a conexão.	101
Figura 36: O esquema de utilização da materioteca para um grande número de possibilidades de materiais (amostras).	102
Figura 37: Distribuição dos conjuntos de grupos de trabalho para o desenvolvimento do Sistema de Informações e suas relações.	107

LISTA DE QUADROS

Quadro I: Custo relativo de uma alteração no projeto em função da etapa de projeto.	73
Quadro II: Relação entre os fatores principais da problemática da Seleção de Materiais para o Projeto de Produto.	77
Quadro III: A personalidade dos produtos, criada a partir de características estéticas, associações e dos atributos de percepção.	83
Quadro IV: Atributos mínimos a serem considerados para os materiais.	85
Quadro V: Atributos mínimos a serem considerados para os processos de fabricação.	85
Quadro VI: Atributos percebidos em produtos e seus opostos.	86

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	24
CAPÍTULO 1. MATERIAIS & DESIGN: DEFINIÇÕES	28
1.1. Aspectos de Desenho Industrial	29
1.2. Aspectos de Seleção de Materiais	36
CAPÍTULO 2. MATERIAIS & DESIGN: RELAÇÕES ENTRE ÁREAS	46
2.1. Modelos de Design e suas relações com Seleção de Materiais	48
2.1.1. Design e seus produtos – tipos de problemáticas	54
2.1.2. Design e seus processos – natureza e características	66
2.1.3. Um modelo de design como referência	68
2.2. Métodos e Sistemas de Seleção de Materiais e suas relações com Modelos de Design	74
CAPÍTULO 3. MATERIAIS & DESIGN: DISCUSSÃO E PROPOSTA	79
3.1. O Modelo ASHBY & JOHNSON	81
3.2. Um sistema informacional – investigações do conceito	87
3.3. Análise de Similares	88
3.3.1. Núcleo de Design e Seleção de Materiais – NdSM/UFRGS	88
3.3.2. Materioteca da Feevale	90
3.3.3. Material Connexion	92
3.3.4. MatWeb.com	94
3.3. Análise da Estrutura Funcional e Diretrizes de Projeto	94
3.3.1. Contribuições para o relacionamento Materioteca-SDI	99
CAPÍTULO 4. Proposta de desenvolvimento de método e sistema	104
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108



INTRODUÇÃO

Em 1996 realizou-se na Universidade Federal de São Carlos – UFSCar o Seminário Materiais & Design, com a presença de profissionais de duas grandes áreas, a Engenharia de Materiais e o Design, representados tanto por profissionais acadêmicos quanto por profissionais do setor industrial. Naquela ocasião era possível perceber que a aproximação entre essas duas áreas era de interesse mútuo. A questão central aparecia em diversas falas dos participantes acerca de encontrar aplicações adequadas para novos materiais, novas aplicações para materiais tradicionais, e materiais adequados para produtos em desenvolvimento. Ainda que fosse possível observar certo estranhamento entre as áreas, e algumas dificuldades de comunicação, os cerca de duzentos participantes do evento demonstravam interesse e disposição em superar tais dificuldades (CNPq/IBICT, 1997). Também naquela ocasião surgiam duas iniciativas palpáveis para a integração entre as áreas: a publicação do livro *Seleção de Materiais* (FERRANTE, 1996) e o Núcleo Design de Seleção de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – NdSM/UFRGS.

A Seleção de Materiais (SM) era colocada, então, como um conjunto de métodos à disposição de profissionais das duas áreas para a resolução das questões citadas. De lá para cá tem sido realizado um amplo esforço de pesquisa neste sentido. Para citar apenas alguns dos trabalhos: i) o grupo do NdSM (hoje LdSM) elaborou bases de dados, executou projetos em parceria com a indústria e testou a associação da SM com a semiótica, a biônica e o eco-design, entre outros; ii) em Minas Gerais, CAMARA (2001, 2002) e ASSUNÇÃO (2002) investigaram, entre outros, a possível aplicação destes métodos para o projeto de mobiliário urbano, com ênfase no eco-



design; iii) em Santa Catarina, REIS (2002; 2003) apresentou uma investigação teórica das premissas epistemológicas entre as áreas; iv) FERROLI (2004) apresentou e testou um método baseado num questionário de verificação e ranqueamento de materiais candidatos a determinadas aplicações. Na esfera internacional, em especial a partir do trabalho pioneiro de ASHBY (1989) que apresenta a utilização de Mapas de Propriedades de Materiais, uma série de trabalhos vêm contribuindo para a consolidação da área de Seleção de Materiais e Processos de Fabricação (SMPF), onde pode-se destacar, além da continuidade nos trabalhos de ASHBY (1992; 2003; e 2004), os trabalhos de CHARLES *et. al.* (2001); EVBUOMWAN *et. al.* (1996); LOVATT & SHERCLIFF (1998); LJUNDBERG & EDWARDS (2003); e SAPUAN (2001).

Entretanto, como diagnostica ASSUNÇÃO (*op. cit.*), os métodos de SMPF não são amplamente utilizados por designers no Brasil. Apesar da disponibilidade de informações sobre materiais e processos de fabricação com diferentes conteúdos, suportes e interfaces (existem recursos gratuitos disponíveis na internet¹ e sistemas *online* por assinatura², além dos tradicionais *Handbooks* e do material publicitário disponibilizado por fornecedores de materiais) tais informações não estão sistematizadas de forma que o designer possa recuperá-las à medida de sua vontade ou de sua necessidade, mas sim apenas 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. Aliando esta realidade com a estimativa da existência de mais de 50.000 materiais no mercado

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

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



mundial (FERRANTE, 2002), observa-se a necessidade do desenvolvimento de um sistema de informação de SMPF adequado à atividade de design no Brasil.

Sua importância 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 exeqüíveis 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.

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. A metodologia atualmente desenvolvida para SMPF parece mais adequada às etapas finais de Design (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.

O presente trabalho demonstra uma investigação bibliográfica em torno dos modelos e métodos de Design, em contraposição aos métodos e sistemas de informação para SMPF, de modo a fornecer subsídios para a elaboração e implantação de um sistema de informações de SMPF adequado à atividade de Design no Brasil, onde a criatividade surge como elemento chave de ligação entre as duas áreas.



O desenvolvimento, implantação, utilização e atualização de tal sistema de informações dependerá da comunicação entre profissionais das diferentes áreas relacionadas (no mínimo Ciência e Engenharia de Materiais & Design). Desta maneira, o Capítulo 1 aborda aspectos de Desenho Industrial (no item 1.1) e aspectos de Seleção de Materiais (no item 1.2). Trata-se do olhar individualizado para cada área, apresentando definições e premissas que serão utilizadas nesta dissertação.

O Capítulo 2 é o aprofundamento do entendimento de cada uma das áreas e seu olhar para a outra, em busca da detecção de lacunas nos diferentes campos de atuação. No item 2.1 interessa saber como o design é praticado, para no item 2.2 procurarmos responder à questão: como a SMPF se adequa (ou deixa de se adequar) aqui?

A partir desta investigação, o Capítulo 3 apresenta a discussão e uma breve análise de alguns métodos e sistemas existentes (itens 3.1, 3.2 e 3.3), levando ao apontamento de possíveis soluções para a problemática no item 3.4 e culminando com uma proposta de articulação (no item 3.5) para implementá-las.



CAPÍTULO 1. MATERIAIS & DESIGN: DEFINIÇÕES

Ao iniciar um texto que pretende buscar subsídios para método e sistema informacional de Seleção de Materiais aplicáveis ao Design brasileiro faz-se necessária uma breve discussão sobre aspectos pertinentes da área Desenho Industrial (Design). Apesar de seu ensino estar institucionalizado a mais de quarenta anos no país (NIEMEYER, 1997) e de uma atividade profissional latente, o Design é, ainda, uma área carente de definição amplamente aceita. Diversos fatores, que vão da dificuldade de tradução do termo inglês para a língua portuguesa a questões de adaptação da área às realidades regionais, geram correntes distintas de pensamento e, conseqüentemente, diversidade de definições (SANTOS, 2002).

Não é intenção deste trabalho aprofundar o debate em torno de uma possível definição do Design. Entretanto, no item 1.1, explicitar-se-á o entendimento da área e da atuação do profissional de forma a proporcionar foco para as análises e debates que serão realizados acerca da Seleção de Materiais³.

No item 1.2 são investigados aspectos de Ciência e Engenharia de Materiais, e da sub-área Seleção de Materiais, de modo a permitir, posteriormente, a contraposição dos métodos de SMPF em relação aos modelos de Design.

³ Ao leitor interessado no aprofundamento de tais questões, recomenda-se os trabalhos de MALDONADO (1977; 1991); BONSIPE (1983); BAXTER (1995); LÖBACH (2001); MUNARI (1981) e, em especial, o resgate histórico de DENNIS (2000, 2005).



1.1. Aspectos de Desenho Industrial

Design é uma área do conhecimento que compreende a atividade projetual. De tal maneira, irmã da Engenharia e da Arquitetura, entre outras. Com abordagem explicitamente interdisciplinar, trata-se de uma arte profissional focada no desenvolvimento da cultura material.

Tradicionalmente, divide-se o Design em duas sub-áreas: o Projeto de Produto, relacionado à confecção de produtos de uso – bens de consumo e bens de capital; e a Programação Visual, relacionada com os produtos de comunicação e informação. Uma vez que todo produto de uso contém um teor de comunicação e que a todo produto de comunicação pode ser atribuído um valor de uso (KROES, 2002) e, principalmente, pelo fato de que todos necessitam de um suporte material para acontecer em nossa capacidade sensorial/imagética, este trabalho não será dirigido a uma ou outra área, mas em conformidade com elas. Em situações onde se faça necessário citar as sub-áreas com suas especificidades de atuação profissional, no que tange à problemática da Seleção de Materiais, os termos serão empregados.

É comum a abordagem que indica que o produto de Design deve ser aquele fruto da fabricação seriada com uso de maquinário, em contraponto ao artesanato, abrindo a discussão para a extensão do conceito de produção seriada e seu enfraquecimento diante do desenvolvimento da organização do trabalho em células de produção, bem como, de técnicas de produção industriais não seriadas, como a Prototipagem Rápida, por exemplo. Ainda que polêmica, tal abordagem apóia-se em dois excelentes pilares: a Revolução Industrial que permitiu à humanidade a fabricação de artefatos além da demanda de uma determinada localidade e a conseqüente ascensão da classe burguesa e do modo de produção capitalista (WALTER *et. al.*, 2004;



DENNIS, 2000); e, de maneira diretamente relacionada à atividade do profissional de Design, a Divisão (alienação) do Trabalho, que divide o processo de fabricação de artefatos nas etapas de Planejamento – e controle; Projeto e Produção. A partir da Divisão do Trabalho é que surge a figura individual ou setorial de um projetista alienado do chão de fábrica que, por sua vez, aliena o trabalhador agora com atividade num número limitado de operações fabris. Do ponto de vista da Seleção de Materiais e Processos de Fabricação dois aspectos são levantados na possível distinção entre Design e Artesanato: toda conversão de um material, natural ou industrializado, implica na utilização de alguma espécie de máquina e, cada grupo de equipamentos destinados à conformação de artefatos, aqui denominados Processos de Fabricação, possui características, liberdades de ação e limitações características, permitindo sua categorização e análise de maneira que não é necessária a distinção “processos mecanizados *versus* processos artesanais”; e a opção pela utilização da produção seriada é não mais do que uma questão de escala de produção, sendo esta última um critério para Seleção de Processos de Fabricação. Assim, a distinção Design-Artesanato não será utilizada neste trabalho, a menos de suas distinções como critérios para opção por este ou aquele Processo de Fabricação. A mesma análise pode ser realizada para a distinção entre produto de Arte e produto de Design. No que tange à Seleção de Materiais, a diferença entre projetar e executar um produto de Arte ou um produto de Design limita-se a alguns critérios de seleção (número de peças produzidas e possibilidades de acabamento por exemplo).

Do olhar de outras áreas para o Design ainda permanece o conceito de que este trata apenas do acabamento, do tratamento estético e superficial dos produtos. Tal pré-conceito remonta da atuação de alguns designers pioneiros – e dos espaços conquistados para seus trabalhos; da distinção histórica de formação das escolas de

Arquitetura e de Design – herdeiras dos mestres de ofícios – e das escolas de Engenharia – nascentes à época da Revolução Industrial como aprofundamento e institucionalização da Divisão do Trabalho; e da popularização do uso do termo Design, sem critérios cuidadosos, num sem número de atividades e veículos de mídia. Dado seu caráter multidisciplinar, o Design conta com a atuação de profissionais oriundos de áreas distintas, em especial, das disciplinas projetuais e de comunicação: Engenharia; Arquitetura; Artes Plásticas; Comunicação; Jornalismo; Marketing e Publicidade.

A análise mais aprofundada dos artefatos que nos cercam revela que estes são detentores de um complexo conjunto de relações com o ser humano. Tratar da confecção de uma cultura material, entendida como o universo dos objetos produzidos pela inventividade humana, determinados por sua inércia à realização dos anseios e determinante da potencialidade e forma das ações do homem, é tratar de, no mínimo: características técnicas, formais, de funcionalidade, culturais, econômicas e sócioambientais.

BAXTER (1995) sugere a segmentação da análise dos artefatos em três funções básicas: uma Função Prática, que trata do uso do objeto – incluindo aspectos ergonômicos, de fabricação, custos, mecanismos de funcionamento, legibilidade, entre outros; uma Função Estética, que trata da maneira como o objeto é percebido pelos sentidos humanos – incluindo as proporções de forma, a aplicação de cores, texturas, odores, sons e até sabores; e uma Função Simbólica, que trata da maneira como o objeto é percebido pela psiquê humana – incluindo a associação com o repertório de significados dos usuários, a promoção de emoções, o juízo de valor. Tal sistemática permite a observação de um espectro mais amplo da relação homem-objeto e é em busca do entendimento da influência dos materiais e processos de fabricação nesta relação que este trabalho irá aprofundar-se para oferecer os subsídios para a

manipulação e conversão de materiais em produtos que atendam com harmonia os diversos aspectos desejados por um, ou um grupo de usuários. Esta é entendida como a atividade do designer, e os conhecimentos para tal são aqui entendidos com a área de conhecimento Design.

Da relação homem-objeto vale destacar o conceito difundido por MANZINI & VEZZOLI (2002), donde os objetos, como meios que permitem ou provocam uma atitude humana, são parte de um conceito mais amplo, denominado pelos autores como Sistema-Produto. Uma vez que artefatos são nomeados pelos usuários com base em seu repertório – apreendido ao longo da vida – os autores propõem que sejam pensados, ao menos na etapa projetual, a partir do serviço – possibilidade de ação – que prestam. De tal maneira, cadeiras são objetos de repouso em alguns casos, objetos de alocação de indivíduos em postos de trabalho em outros; armários e estantes são igualmente objetos de armazenagem; e assim por diante. Esta proposta de abordagem indica que o fabricante do objeto, na prática, oferece ao usuário uma possibilidade de ação, um serviço, muito além de um artefato. Oferece um Sistema-Produto. Pode-se resumir tal filosofia na frase: “nunca peça a um designer para projetar uma *ponte*, e sim as possibilidades para atravessar o *rio* (Citado por Marcos Rocha, Design Connection, São Paulo, 2003).

Igualmente valioso é o trabalho de desenvolvimento de uma concepção comparativa da atuação/responsabilidade profissional designer segundo sua região de atuação. Tal concepção norteia este trabalho em sua adequação à realidade nacional em que está inserido. BONSIEPE (1983; 1997) avalia a inserção do Design em duas grandes regiões do globo que denomina Centro e Periferia. Para além das definições de países desenvolvidos e países em desenvolvimento e assumindo a similaridade geopolítica de alguns países o autor propõe que a atuação do designer em



países/regiões detentores e desenvolvedores de tecnologia, influência econômica, poderio bélico, formadores de opinião e ideologia (que denomina como países/regiões do Centro) é distinta da atuação da mesma classe profissional em países/regiões com dependência econômica e submissão político-ideológica (denominados países/regiões da Periferia).

Partindo de uma análise das causas da dependência da Periferia em relação ao Centro, o autor conclui que o desenvolvimento autônomo da Periferia deve ser auxiliado pelo desenvolvimento de uma cultura material própria destes países/regiões, de modo a reduzir ou anular o envio de remessas de pagamento de *royalties* para o Centro. Enfatiza o Design como peça-chave neste desenvolvimento de uma Tecnologia Apropriada. O conceito de Tecnologia Apropriada utilizado pelo autor é muito similar daquele desenvolvido por PAPANEK (1977) ao propor a responsabilidade sócio-ambiental aos designers de todo o mundo na década de 70 com o clássico *Design for the Real World*. Este propunha que o design se voltasse para questões sociais e abrisse mão do direito de propriedade intelectual sobre os projetos em nome do benefício social. Outro expoente deste movimento, tido como “design social”, E.F. Schumacher (*apud* MORAES, 1999), propunha a negação aos avanços tecnológicos para a adoção de uma “tecnologia intermediária”. Estas teses foram bem recebidas por intelectuais e designers de países periféricos, entre eles o Brasil.

Na prática tal movimento apresentava as seguintes características: baixo custo de produção; confecção de produtos sem a necessidade de mão de obra especializada; uso de fontes alternativas de energia; uso de matérias-primas naturais. Entretanto, segundo MORAES (*op. cit.*), autor e designer brasileiro que se formou e atuou profissionalmente sob estes preceitos, alguns aspectos foram negligenciados na formação destas teorias, destacando que uma visão de homogeneidade entre todos os



países do chamado Terceiro Mundo é incabível. Concorde com BONSIEPE (1983) ao afirmar que são imensas as diferenças, tanto no âmbito das dificuldades quanto no das possibilidades. Afirma que em relação a países como o Brasil, Chile, México e Argentina, por exemplo, o "Design Social" não se deu conta de características como: um parque industrial crescente e em formação; abundância em matérias-primas; facilidade e disponibilidade de mão-de-obra; existência de espírito de construção e de empreendimento; existência de um mercado ainda não saturado; e necessidade de inserção no mercado global. À avaliação de MORAES (*op. cit.*) pode-se adicionar que a negação total às mazelas do capitalismo industrial globalizado não está necessariamente ligada à negação de suas benesses. Não se pode negar e excluir a população dos avanços nas áreas de saúde, alimentação, transportes, comunicação. Não se pode negar uma cultura material adequada às necessidades físicas e psíquicas da sociedade.

Apesar das divergências acerca da Tecnologia Apropriada, ou da Tecnologia Intermediária, a partir dos fundamentos da discussão que geram tais conceitos, BONSIEPE (*op. cit.*) pôde observar e diferenciar o papel do Design no Centro e na Periferia. No primeiro existe uma condição de grande disponibilidade de recursos tecnológicos, incluindo materiais e processos de fabricação, de modo a ampliar as possibilidades no desenvolvimento de novos produtos. Entretanto, há certa saturação de mercado, por uma população com baixos índices de crescimento demográfico e pela profusão de diversos concorrentes em cada segmento industrial. Assim, o Design no Centro tem o papel de diferenciar um produto de seus concorrentes, pela redução de custos ou pelo incremento de um ou mais aspectos funcionais – quer sejam funções práticas, estéticas ou simbólicas – no que o autor denomina como fatores de distribuição. Na Periferia a situação é quase inversa. A disponibilidade de recursos



tecnológicos é inferior e dependente de acordos de Propriedade Industrial, enquanto que o mercado está longe da saturação. Assim, o Design na Periferia tem a função de tornar viável a formação de uma cultura material adequada às necessidades da população diminuindo o ciclo vicioso de dependência em relação ao Centro, o que o autor denomina como fatores de produção. Deste ponto de vista, as atividades de projeto que buscam soluções em materiais e processos de fabricação, bem como, em mecanismos, sistemas e sub-sistemas de funcionamento, otimização na utilização de recursos naturais, redução de custos, entre outros, são de grande valia para a profusão do Design na Periferia

A dicotomia Centro-Periferia é um tanto simplória quando se busca uma análise mais pormenorizada das relações de ocupação territorial e inter-dependência regional. SANTOS (2003) apresenta diversos trabalhos que buscam a compreensão dessas relações. Ainda que uma análise pormenorizada não faça parte do escopo desse trabalho, cabe destacar: a relação Centro-Periferia pode ser utilizada tanto para a compreensão das relações entre diferentes blocos de países como das relações entre diferentes países de um mesmo bloco – como ressalta o trabalho de MORAES (*op. cit.*) – ou de regiões de um mesmo país, de um mesmo município, arranjo produtivo local, e assim por diante; e que as condições de mercado geram uma crescente pressão das indústrias do Centro em direção aos mercados da Periferia. Tal pressão foi em muito efetivada durante a década de 90, com a chamada globalização. Assim, o Design na Periferia deve tratar dos aspectos de produção, dada sua condição periférica, e também dos aspectos de distribuição, dada a concorrência com produtos oriundos do Centro para a Periferia ou da necessidade de intercâmbio comercial da Periferia para o Centro através da exportação de produtos.



Ressalta-se que, no Brasil, são poucas as ocasiões em que designers contam com grandes e multidisciplinares equipes de trabalho. Com exceção de algumas poucas multinacionais que praticam o desenvolvimento de produtos em suas filiais aqui instaladas, o designer brasileiro atua nos projetos “de ponta-a-ponta”, da geração de conceitos de produtos ao acompanhamento da fabricação e solução de problemas. É comum um mesmo profissional ocupar-se do projeto de um mobiliário, de sua embalagem, de suas instruções de montagem e de um sem número de problemas decorrentes da produção e comercialização de móveis, por exemplo (COUTINHO & RANGEL, 1993). Ainda, destaca-se que alguns setores industriais não fazem uso extensivo da mão de obra de designers formados no país (*ibidem*) e que tal mudança de condição de trabalho, que inclui o convencimento do empresariado nacional da importância de tal profissão, implica na necessidade de que designers brasileiros detenham competências, habilidades, métodos e ferramentas para atuação em múltiplas atividades de projeto.

Neste contexto acredita-se que métodos e ferramentas adequadas de Seleção de Materiais e Processos de Fabricação podem vir a ser de grande valia para a profissão no país, bem como, para o desenvolvimento do Design como área do conhecimento, através da relação Materiais & Design.

1.2. Aspectos de Seleção de Materiais

A priori, seria possível afirmar que materiais são todos os corpos oriundos da matéria. Seguindo tal definição os grupos de materiais incluiriam, além dos sólidos, as substâncias em estado gasoso, líquido, coloidal, etc. Tal vastidão de substâncias tornaria uma área de Ciência e Engenharia de Materiais algo tão amplo



quanto pudéssemos imaginar a Física e a Química unidas (REIS, 2003). Compreender a relação de todas estas substâncias seria algo que chegaria a confundir-se com o escopo total das Ciências Naturais. Morris Cohen, entre 1970 e 1973, como *chairman* do *Committee on the Survey of Materials Science and Engineering* (COSMAT) nos EUA procurou os subsídios teóricos e práticos para a sedimentação de uma área comum de investigação e atuação – pedagógica e profissional – comum ao universo dos materiais. Procurou por uma base comum na investigação científica de diversos pesquisadores de diferentes áreas – indo da metalurgia à química de polímeros, da física do estado sólido à engenharia mecânica, entre outras. O resultado foi um relatório que propõe a unificação de um conjunto de pesquisas em torno de uma área comum: a Ciência e Engenharia de Materiais (COHEN, 1974)⁴. A partir de então se define o termo materiais como referente às substâncias com propriedades que as tornam úteis ao desenvolvimento e construção de máquinas, estruturas, dispositivos e produtos. A definição do autor é mais útil do que a simples separação das substâncias pelos seus estados físicos (sólidos, líquidos, gases), uma vez que um mesmo material pode apresentar-se em diferentes estados, com distintas propriedades e possibilidades de aplicação. Delimita, ainda o escopo de trabalho com foco no interesse humano, na confecção de artefatos. De tal maneira, é aparente a relação entre a Ciência e Engenharia de Materiais (CEM) e o Design, dado que a primeira ocupa-se de substâncias capazes de serem convertidas em produtos e que a segunda ocupa-se destes últimos. Ainda, demonstra um claro posicionamento da CEM como “área-meio”

⁴ O relatório, publicado em 1973, permitiu a criação de cursos de Engenharia de Materiais, nos EUA e em outros países do mundo. Já em 1974 a então recém criada Universidade Federal de São Carlos iniciava o processo de implantação deste curso no Brasil. A título de homenagem, vale mencionar o esforço de pioneiros, como o Prof. Dr. José Roberto G. da Silva e seus colegas em definir escopos de trabalho, sedimentar linhas de pesquisa e fortificar a profissão no país.

provedora de subsídios para disciplinas projetuais que podem ser entendidas como “áreas-fim”, como a Engenharia Mecânica, a Engenharia Civil, a Arquitetura e o Design.

A Figura 01 apresenta o ciclo global dos materiais, demonstrando a geração de matéria prima bruta, a partir dos recursos naturais, sua extração, refino ou processamento para conversão em matéria prima básica, seguida da conversão para matéria prima industrial e a conseqüente fabricação de produtos, destacados neste ciclo como bens de consumo. Apresenta, também, as possibilidades de destinação dos materiais após seu ciclo de vida útil, divididos em descarte e reciclagem.

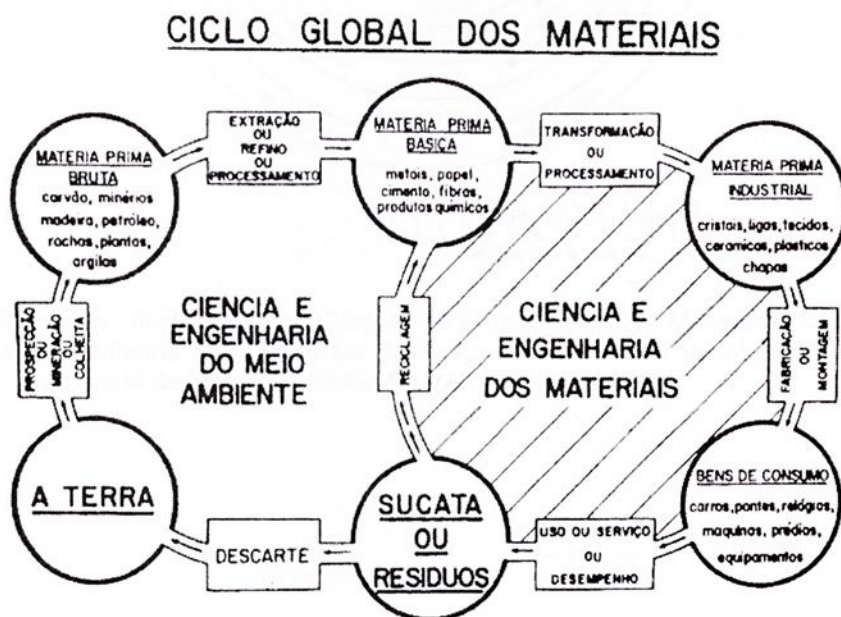


Figura 01: O ciclo global dos materiais. Demonstra o ciclo de extração de recursos naturais e o caminho percorrido até a geração, utilização e descarte de produtos úteis ao homem, destacando a inserção da Ciência e Engenharia de Materiais e seu escopo de atuação. Fonte: COHEN (1989).

Do ponto de vista dos conhecimentos que manipula, é possível observar que a CEM possui fortes relações com as Ciências Naturais, caminhando da geração empírica de conhecimento até sua aplicação, convertendo o conhecimento em produtos aplicáveis à realidade humana. A figura 02 apresenta este escopo de relações,

demonstrando a distinção entre Ciência de Materiais e Engenharia de Materiais. Tal distinção, bem como, a intersecção das duas sub-áreas pode ser visualizada na figura 03.

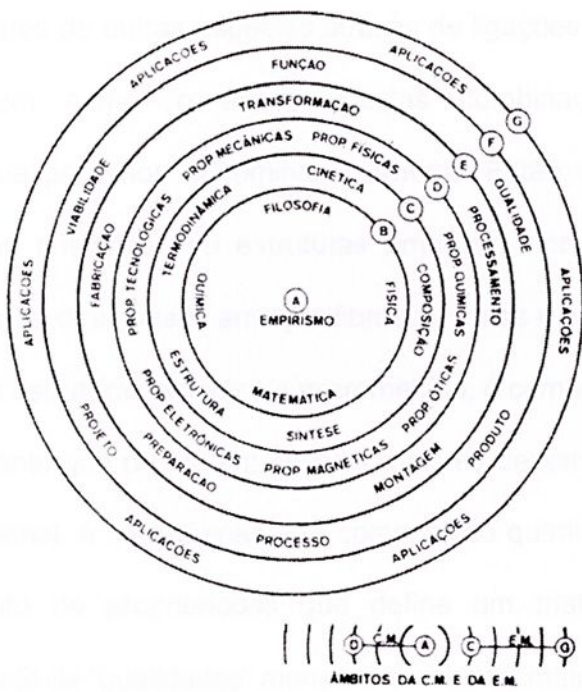


Figura 02: Esquema ilustrativo de Ciência e Engenharia de Materiais. Demonstra-se os conhecimentos manipulados na CEM e faz distinção entre as áreas de atuação da Ciência dos Materiais e da Engenharia de Materiais. Fonte: SILVA (1986).

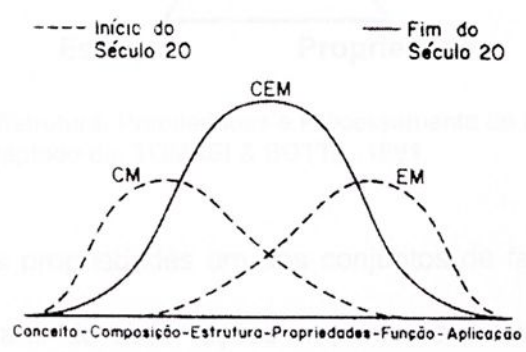


Figura 03: Esquema ilustrativo das áreas de Ciência de Materiais (CM), Engenharia de Materiais (EM) e da Ciência e Engenharia de Materiais (CEM), suas distinções e intersecções em relação escopo de trabalho em torno do Conceito, Composição, Estrutura, Propriedades, Função e Aplicação dos materiais. Fonte: COHEN (1989).

A figura 04 mostra a tríade que permite o entendimento do escopo de aplicação dos materiais. Estrutura, Propriedades e Processamento de materiais são mutuamente relacionadas. O arranjo de átomos de uma mesma espécie, ou sua combinação com átomos de outras espécies através de ligações químicas e interações eletromagnéticas, bem como, o arranjo destas combinações, em disposição tridimensional é o que podemos denominar Estrutura. Estão compreendidas aqui a formação de retículos cristalinos ou estruturas amorfas, monocristais ou estruturas policristalinas, estruturas direcionais, arranjos fibrosos, fases e muitos outros exemplos. Quando tratamos das estruturas em escala micrométrica, é comum a utilização do termo Microestrutura, enquanto que o trato em escalas maiores denomina-se Macroestrutura. É a estrutura do material, e não apenas sua composição química, a responsável pela formação do conjunto de propriedades que define um material. Entende-se por Propriedades o conjunto de “qualidades” mensuráveis de um material.

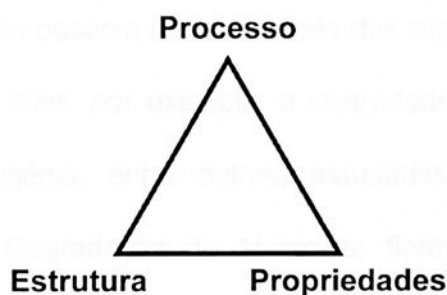


Figura 04: a relação entre Estrutura, Propriedades e Processamento de Materiais. Os três fatores são mutuamente influentes. Adaptado de: TOMASI & BOTTA, 1991.

São as propriedades um dos conjuntos de fatores que distinguem os materiais entre si. A partir de observações empíricas das Ciências Naturais – ou até através do conhecimento não estruturado, do chamado senso comum – é possível compreender que um material é mais resistente que outro, quando da aplicação de certo tipo de carregamento; que determinado material permite com maior facilidade a passagem de calor; que resiste menos à passagem de energia elétrica; que é

transparente à luz; e assim por diante. O vasto conjunto de propriedades dos materiais é melhor compreendido se agrupado. Tal agrupamento vem, em geral, das disciplinas que tratam dos fenômenos de interesse: Física, Química e Mecânica dos Sólidos⁵.

Da Física pode-se agrupar as propriedades em: Propriedades Mecânicas, que compreende aquelas que interferem nas observações da física mecânica – rigidez, tensão de escoamento (em tração, compressão e cisalhamento), tensão de ruptura, tenacidade à fratura, ductilidade, dureza, entre outros; Propriedades Elétricas, do comportamento dos materiais em presença de corrente elétrica – resistividade elétrica, constante dielétrica, etc.; Propriedades Térmicas, das relações com o calor – capacidade calorífica, coeficiente de expansão térmica, condutividade térmica; Propriedades Óticas, da interação dos materiais com a luz – índices de refração e reflexão, absorção e transmissão de luz; Propriedades Magnéticas, do comportamento dos materiais na presença de campos eletromagnéticos.

Da Química observa-se a interação dos materiais com o meio ou com outros materiais. Pode-se citar, por exemplo: a reatividade química em presença de água, ácidos, bases, oxigênio, entre outros, estudadas pela sub-área da CEM denominada Corrosão e Degradação de Materiais; inflamabilidade ou resistência à propagação de chama.

Pode-se citar mais dois grupos de propriedades: as Propriedades Gerais e as Propriedades Tecnológicas. O primeiro trata de propriedades que podem ser incluídas em mais de um grupo, ou que sua inclusão em algum dos citados não faz sentido. Entre estas se ressalta o preço, a densidade, o conteúdo energético. O segundo grupo trata das propriedades inerentes à conversão e uso dos materiais. Neste

⁵ A quase totalidade dos textos que são utilizados como recurso pedagógico de Ciência dos Materiais apresenta tal agrupamento de propriedades. A título de exemplo pode-se citar CALLISTER (2000), SMITH (1969), SHACKELFORD (1996), entre outros.



grupo encontram-se a trabalhabilidade, a soldabilidade, reciclabilidade, aceitação de recobrimento superficial, temperatura de serviço, e demais características – em geral consequência da combinação de outras propriedades – que influenciam parâmetros de manufatura.

Além das propriedades citadas, oriundas da mensuração de comportamentos dos materiais com o auxílio de equipamentos e ensaios laboratoriais, pode-se mencionar outros dois conjuntos de propriedades, obtidos da relação – mensuração – das características dos materiais pelo homem⁶. Da mensuração direta das propriedades dos materiais pelo homem através de suas estruturas fisiológicas sensoriais – o tato, a visão, a audição, o paladar, e o olfato – pode-se denominar o conjunto de Propriedades Sensoriais. Estas incluem as sensações de macio ou duro; quente e frio quando tocado; translúcido, transparente ou opaco; aspectos de cor; aspectos de som – metálico, abafado, etc; sabor e odores – fortes, moderados, nulos. Uma vez em contato com um produto ou material através das estruturas fisiológicas sensitivas, inicia-se no ser humano um processo de associação do que está sendo sentido com o repertório adquirido ao longo da vida de cada indivíduo. Constitui-se, então, um processo de comunicação entre o fabricante de determinado objeto e seu usuário, onde o objeto é o meio, a partir de um processo de percepção (NYENMEYER, 2003). As propriedades dos materiais que influenciam este processo são aqui denominadas Propriedades de Percepção, que geram atributos aos produtos através de seus materiais e processos de fabricação como clássico ou moderno; aconchegante; valioso ou barato; resistente ou frágil; velho ou novo; divertido ou sério; por exemplo. Estes dois conjuntos de propriedades e, em especial, sua aplicabilidade para Seleção

⁶ Alguns autores têm trabalhado em busca de uma sistemática para a definição destas propriedades e sua utilização nos processos de Seleção de Materiais. Destaca-se o trabalho de ASHBY & JOHNSON (2003), VAN BENZOYEN (2002), e KUNZLER *et. al.* (2002).



de Materiais, são assunto de pesquisas recentes, e serão abordados com maior profundidade nos capítulos posteriores.

Para permitir ao profissional da área CEM a compreensão de todas estas propriedades, de suas origens e de suas implicações os cursos de formação da área possuem ampla e profunda formação em química, física e matemática. Tal realidade não é comum aos cursos de formação na área Design. Em contraponto, os aspectos sensoriais e de percepção do ser humano para com o meio são assuntos bem estudados nos cursos de Design e raramente são abordados em cursos de Engenharia de Materiais. Da distinção de enfoque nos cursos de formação surgem conflitos interdisciplinares⁷ entre profissionais das duas áreas, que serão discutidos no próximo capítulo desta dissertação.

O Processamento dos materiais é o conjunto de técnicas a que se submete o material para dar-lhe a forma desejada, de maneira que possa compor um artefato. Processar um material implica em submetê-lo a condições das mais adversas. Pode-se elevar sua temperatura até à fusão, para então preencher um molde e obter uma peça após o resfriamento. Pode-se aplicar sobre o material uma tensão de cisalhamento tal que permita a confecção de um orifício, de uma reentrância, de um fio de rosca. Pode-se fundir regiões de duas peças para uni-las por soldagem. Pode-se provocar a difusão de uma substância para dentro da estrutura cristalina de um material, como o carbono difundido no aço durante a cementação de peças que necessitam de altos valores de dureza superficial. Ou pode-se submeter um material a tensões de compressão, dando-lhe forma como já fazem os ferreiros há séculos. Tais condições modificam a estrutura do material e, conseqüentemente, suas propriedades. Por exemplo, o aço carbono AISI1020 que tenha passado pelo processo de fundição possui

⁷ Sobre a necessidade e a dificuldade em relações inter e transdisciplinares, recomenda-se o trabalho de MORIN (2001).



propriedades de tensão de escoamento e tenacidade à fratura distintas de uma peça do mesmo aço, mas que tenha sido conformada por forja e usinagem. Ainda que tenham a mesma composição química, a fundição promove a formação de grãos grandes e em forma de “pinheiros”, conhecidos como dendritas, enquanto que a forja promove grãos afinados durante a deformação da peça. Tal formato de grão é mantido quando do corte e/ou usinagem e esta diferença de microestrutura entre grãos afinados e dendritas é responsável pela obtenção de diferentes valores ao se submeter tal peça aos esforços de uso.

Assim, a fabricação de um artefato e seu desempenho adequado – o que define-se como Aplicação – dependem da tríade Estrutura-Propriedade-Processamento. A relação entre esta tríade e a Aplicação está demonstrada na figura 05.



Figura 05: a relação entre Estrutura, Propriedades, Processamento e Aplicação de Materiais. Desta relação é possível observar a inserção da Seleção de Materiais como sub-área de CEM. Fonte: TOMASI & BOTTA (1991).

Das diversas possibilidades de materiais, que podem tomar forma por um grande número de processos de fabricação, gerando inúmeras combinações de propriedades, tem-se a indicação da melhor aplicação para tal material. Realizando o

caminho inverso, a partir de uma determinada aplicação desejada – um produto – que demanda certo conjunto de propriedades possíveis através de determinadas estruturas obtidas por determinado processamento, faz-se necessária uma sistemática de atuação que permita mergulhar nesta vasta possibilidade de combinações, extraíndo daí um candidato vencedor, que cumpre com maior eficiência possível os requisitos da aplicação. Ao conjunto destas sistemáticas dá-se o nome Seleção de Materiais e de Processos de Fabricação (SMPF) ou, de maneira resumida, Seleção de Materiais (SM). TOMASI & BOTTA (1991) posicionam a Aplicação dos materiais sobre a tríade Estrutura-Propriedades-Processamento, indicando o escopo de ação da Seleção de Materiais (figura 05).

Interessa-nos, neste trabalho, entender a inserção da filosofia de 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) – durante o projeto de produtos. Assim, investigar-se-ão os métodos e as ferramentas utilizadas em Design e em Seleção de Materiais, em busca de semelhanças, lacunas e soluções para a efetiva integração entre as áreas.

CAPÍTULO 2. MATERIAIS & DESIGN: RELAÇÕES ENTRE ÁREAS

Existe, publicado, um bom esforço na busca de explicações sobre como o Design é ou deveria ser feito. Partindo dos mais diversos pontos de vista, localidades, interesses, influências e momentos históricos este é um tema rico em contribuições e controvérsias. BROADBENT (1980) *apud* EVBUOMWAN *et. al.* (1996), analisando a comunidade inglesa de designers identifica ao menos três raízes principais de pensamento: um grupo que acredita que a atividade de Design deve ser caótica e criativa; um segundo grupo que argumenta sobre a organização e disciplina nesta atividade; e um terceiro que nenhum procedimento deve ser imposto ao designer EVBUOMWAN *et. al.* (*op. cit.*) divide as escolas em três correntes principais: Escola Semântica; Escola Sintática e Escola da Experiência Passada. Os autores argumentam que as três possuem boa fundamentação argumentativa e relevância. Entretanto, dada a necessidade de controle sobre o processo de Design, bem como, de sua otimização frente ao tempo e custos de processo, apontam para uma crescente predominância da Escola Sintática, uma vez que esta produz modelos prescritivos de ação que auxiliam a atividade. Descrições sobre como o Design é ou deveria ser feito são entendidas como Filosofias ou Estratégias de Design enquanto que suas representações são Modelos de Design (*Design Models*). Estes últimos são, geralmente, apresentados na forma de fluxogramas que destacam passos ou fases de atividades. As técnicas utilizadas como ferramentas em um ou mais passos ou fases são comumente denominadas Métodos de Design. Os modelos são normalmente divididos em três classes: Modelos Prescritivos, baseados em procedimentos da atividade de Design, que sugerem a melhor maneira de realizar determinadas atividades (*best practices*); Modelos Descritivos, fundamentados



nas ações desenvolvidas pelos designers ao longo do processo; e, recentemente, Modelos Computacionais, com ênfase em técnicas computacionais quantitativas e qualitativas e em Inteligência Artificial.

Neste capítulo busca-se, através dos Modelos de Design, a compreensão da atividade, de maneira a permitir uma análise dos métodos e ferramentas de Seleção de Materiais quanto à sua adequação à tal atividade. Identificando-se lacunas entre as áreas; é intenção propor soluções, sedimentando a relação entre as áreas e criando subsídios para o desenvolvimento de ferramentas.

Não é intenção eleger um Modelo, mas buscar enxergar as similaridades entre estes, bem como, as atividades desenvolvidas durante o processo de Design. Por este motivo, apesar de boa variedade de bibliografia consultada⁸ na busca desta compreensão, este texto está centrado no extenso trabalho de revisão realizado por EVBUOMWAN *et. al.* (*op. cit.*), dada sua abrangência e síntese. O modelo desenvolvido por MUNARI (1981) é inicialmente apresentado como exemplo.

De maneira semelhante, o trabalho de revisão na área de Seleção de Materiais e Processos de Fabricação apresentado por ASHBY *et. al.* (2004) é central no texto para posterior análise dos métodos e sistemas relacionados.

⁸ Vale, neste momento, destacar a qualidade do acervo bibliográfico de duas instituições, como fonte de consulta: a UNESP/Bauru, local do Programa de Pós-Graduação em que esta dissertação se insere; e a UNOPAR/Londrina, onde o autor realiza atividade docente; bem como, o esforço de ambas as bibliotecas em localizar e viabilizar o acesso ao material destas e de outras instituições. Alguns dos textos estudados encontram-se relacionados na Bibliografia Consultada que inclui, por exemplo, BAXTER, 1995; LÖBACH, 2001; MALDONADO, 1991; BONSIPE, 1983; PAHL e BEITZ, 1996; PUGH, 1995; MANZINI & VEZZOLI, 2000; entre outros.



2.1. Modelos de Design e suas relações com 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 pré-estabelecidos, com a harmonia desejada entre características técnicas, formais, de funcionalidade, culturais, econômicas e sócioambientais. Uma vez que o projeto de produto é uma atividade complexa e aplicável aos mais diversos tipos de problemas, existem diversos métodos que procuram auxiliar na ordenação de tarefas, dados de projeto, hierarquização de prioridades e de ações, entre outros. Modelos são mais generalistas, que procuram entender todo o processo de projeção de produtos, e métodos são mais específicos, pretendem auxiliar na resolução de situações particulares, ou de projetos para determinado tipo de artefato, ou para ordenar soluções em etapas do projeto. A Metodologia de Design pode ser entendida como um conjunto de ferramentas, das mais diversas, para diferentes situações-problema.

Um bom trabalho de introdução ao Design é o desenvolvido por MUNARI (1981). O autor faz uma associação didática entre o modelo de design e uma receita culinária para, a partir das dificuldades encontradas na execução de um projeto, propor uma sequência de passos a serem realizados. O resultado é uma linha metodológica generalizada – elástica, utilizando o termo do autor – que abrange as principais etapas de um projeto (figura 06). As etapas descritas pelo autor serão apresentadas e discutidas a seguir, demonstrando os itens mais comuns aos modelos.





Figura 06: Seqüência de etapas para um projeto. Adaptado de: MUNARI (1981).

- **Problema:** um projeto não tem início sem um problema, sem uma necessidade a ser preenchida. Segundo o autor, o problema é endereçado ao designer pela Indústria. Aqui temos a necessidade de ampliar as definições para estes dois atores. designer pode ser um profissional ou um time de profissionais, atuando como autônomos (*freelancers*), como um escritório de design ou como uma divisão de uma indústria. Esta última pode ser entendida como o fabricante de um produto, ou o detentor de uma marca – possuidor ou não de uma instalação fabril. Ainda, pode ser um inventor ou um empreendedor que pretende lançar

um produto no mercado. designers são solicitados por diversos tipos de instituições, de cooperativas a indivíduos, de grandes empresas a agências do Estado. Vale ressaltar que um produto pode ser entendido como uma família de produtos ou, como discutido no capítulo anterior, a prestação de um serviço por intermédio de um objeto;

- **Definição do Problema:** Em geral, o cliente não é capaz de detalhar suficientemente o problema de projeto (ARCHER *apud* MUNARI, *op. cit.*). Assim, cabe ao designer procurar por uma definição suficientemente detalhada para compreender os limites do escopo de atuação em um determinado projeto;
- **Componentes do Problema:** Decompor um problema em sub-problemas é o caminho para a melhor compreensão da tarefa a ser realizada. Cada sub-problema deve ser resolvido para obter-se um campo, uma lista de soluções aceitáveis. Nas etapas seguintes, o designer deve ser capaz de conciliar estas soluções num projeto único;
- **Coleta de Dados:** A filosofia de que “é melhor procurar por algo já realizado antes de procurar uma nova solução para um antigo problema” é a essência desta etapa. Investigar as soluções já utilizadas para um problema, ou para problemas similares, é uma maneira de evitar erros e avançar para soluções mais apropriadas. Segundo o autor, é nesta etapa que se realizam os levantamentos de dados bibliográficos, antropométricos e sobre materiais e processos de fabricação;

- **Análise de Dados:** Nesta etapa os dados coletados devem ser analisados com base nos critérios determinados para os sub-problemas. Procura-se por uma aproximação do tipo “faça” ou “não faça” (“do it” e “don’t do it”). Nesta etapa estreita-se o escopo de atuação e de possíveis soluções para o problema;
- **Criatividade:** esta é a etapa chave do modelo desenvolvido pelo autor. Afirmo que num “modelo romântico-artístico de projeto, procura-se por uma idéia, gerada por uma mente genial”⁹ (MUNARI, *op. cit.*), capaz de resolver completamente o problema. Em contraposição, substitui a idéia pela criatividade, o resultado pronto pelo processo criativo, capaz de procurar soluções dentro do escopo do projeto delimitado nas etapas anteriores;
- **Materiais e Tecnologia:** MUNARI (*op. cit.*) propõe que, após a visualização de uma possível solução através do processo criativo, o designer procure entre os materiais, processos de fabricação e demais tecnologias disponíveis a concretização de sua criação;
- **Experimentação:** Nesta etapa o designer deve procurar realizar sua proposta na tentativa de construção com os materiais e processos de fabricação disponíveis;
- **Modelos:** consiste na construção de modelos ou protótipos da solução proposta;

⁹ Modelo romântico-artístico é o termo utilizado pelo autor para citar e criticar os autores daquela que no presente trabalho denomina-se como Escola da Experiência Passada.



- Verificação: é a fase de testes da solução proposta, através dos modelos ou protótipos construídos. Inclui a verificação de aspectos técnicos, estéticos, mercadológicos, entre outros;
- Desenho de Construção: é a preparação de documentação técnica que permita a fiel execução da solução proposta;
- Solução: é o produto final que melhor preenche as especificações do problema, com grandes chances de sucesso.

O autor destaca que as etapas compreendidas entre a Coleta de Dados e a Verificação são integradas de maneira semelhante a um processo simultâneo, uma vez que estes sete passos são fortemente integrados e mutuamente influenciáveis. MUNARI (*op. cit.*), assim como BAXTER (*op. cit.*) e LÖBACH (*op. cit.*), chama atenção, em seu texto, para a importância do acúmulo de experiência do profissional de Design como o principal fator de influência no método apresentado.

O método apresentado por MUNARI (*op. cit.*), apesar de demasiadamente simplificado e linear é capaz de demonstrar algumas etapas essenciais que são identificáveis na quase totalidade dos métodos estudados: uma etapa de análise e aproximação com o problema; uma etapa de geração de alternativas de soluções; e uma etapa de avaliação das soluções propostas. Em primeiro lugar, destaca-se o método como um caminho, uma sequência de passos entre um problema e uma solução, uma necessidade e um produto. Necessidades são traduzidas em requisitos de projeto. Tais requisitos podem variar em quantidade, especificidade ou tipo de informação. Variam da intenção de percepção do produto a valores numéricos de carregamento uniaxial desejados, por exemplo. Tais requisitos são utilizados para a busca de soluções em diversas fontes de inspiração: similares, dados técnicos,

experiência, tecnologias disponíveis. A etapa-chave é o processo criativo, onde a tomada de conhecimento pelo homem em torno dos fatores condicionantes de projeto e de soluções plausíveis permite o cruzamento de pensamentos, idéias e conhecimentos de maneira sistemática, bem como, de maneira desestruturada, fazendo uso dos dois hemisférios do cérebro humano, para a obtenção de uma idéia, uma solução criativa.

EDWARD'S (1989) explicita mecanismos de funcionamento para os dois hemisférios do cérebro humano, baseada em estudos neurofisiológicos. Afirma que o potencial criativo, assim como a habilidade para a representação não-verbal de idéias – o desenho – é inerente a todas as pessoas, desde que adequadamente treinadas. Desta maneira, o ato de desenhar surge não apenas como a representação de idéias, mas também como parte do processo criativo, uma vez que trata do mesmo tipo de atividade cerebral, a estimulação do hemisfério direito do cérebro e o cruzamento de impulsos entre os hemisférios direito e esquerdo.

EVBUOMWAN *et. al.* (*op. cit.*) caracterizam esses três estágios principais, denominando-os estágios de pensamento, como:

- a) Divergência: os atos de pensar afastando-se do problema, decompondo-o em sub-problemas e procurando subsídios – dados, exemplos – para sua melhor compreensão;
- b) Transformação: os atos de amarração necessários após a coleta divergente de informações, impondo soluções através da criatividade, de *insights* e do trabalho de suposição/adivinhação;
- c) Convergência: os atos de evolução progressiva das possibilidades de maneira a convergê-las para uma solução ótima.

A respeito das formas e estruturas de pensamento utilizadas pelo designer ao longo do processo de design, SRIRAM *apud* EVBUOMWAN *et. al.* (*op. cit.*) afirma que: “no extremo criativo do espectro, o processo de design pode ser nebuloso, espontâneo, caótico e imaginativo, enquanto que na prática final o design é preciso, predeterminado, sistemático e matemático”.

Dois tipos de fatores permeiam as diversas filosofias de design e seus respectivos modelos: os tipos de atividades no processo de design; e os tipos de produtos desses processos. Ambos serão abordados em maiores detalhes a seguir.

2.1.1. Design e seus produtos – tipos de problemáticas

Ainda que os Métodos de Design procurem descrever a atividade projetual de maneira generalista, é importante ressaltar a variedade de problemáticas enfrentadas pelos designers.

Há, especialmente a partir da década de 90 e, mais particularmente, do trabalho de PETERS (1989) um discurso generalizado em torno da inovação como alternativa única para o desenvolvimento da sociedade. O autor, que atuou durante anos numa corporação norte-americana do setor de produtos de limpeza, afirma que os esforços de equipes e recursos financeiros de desenvolvimento de produtos extensivamente utilizados no incremento de produtos já existentes seriam mais úteis à sociedade, e às empresas, se estivessem focados em soluções inovadoras. Entendendo aqui incremento como a melhoria de um produto já existente e inovação como um salto para um novo conceito de produto. Tal foco nas inovações é muito reforçado por autores da área de administração de empresas, tidos como “gurus” da administração, tais como DRUCKER (1976), CROSBY (1990), KOTLER (2004), entre outros.



Entretanto, uma análise mais aprofundada de autores relacionados com desenvolvimento de produtos, bem como, em qualquer diálogo com designers atuantes no mercado à cerca de seu dia-a-dia, na atividade projetual, mostra uma realidade em que incremento e inovação são igualmente importantes, como também o são outras categorias de projeto, como o redesign, por exemplo.

O desenvolvimento de produtos envolve grande dispêndio de recursos, que vão da mão de obra especializada aos recursos materiais e financeiros, das etapas de projeto às de confecção de maquinário e promoção, publicidade, propaganda.

A figura 07 apresenta o Ciclo de Vida dos Produtos com foco em sua existência no mercado e a obtenção de lucros.

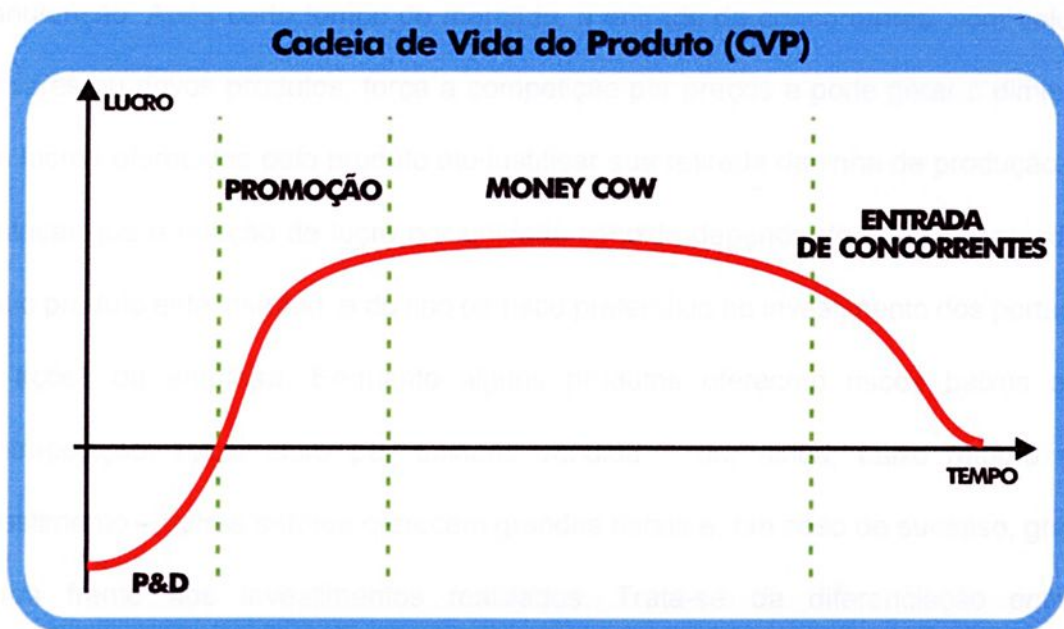


Figura 07: Ciclo de Vida do Produto no mercado e sua relação com o lucro obtido. Destacam-se as fases de pesquisa e desenvolvimento, P&D; a etapa de promoção do novo produto no mercado; a etapa de estabilidade do produto, com grande geração de lucros, *money cow*; e o decaimento do produto pela entrada de concorrentes. Adaptado de: RATTNER (1980).

No início da vida de um produto, ainda em seu desenvolvimento e projeção (indicado por P&D na figura), o produto é uma fonte de prejuízos, gerando gastos e nenhum lucro. Os gastos de desenvolvimento são acrescidos dos gastos de promoção do novo produto no mercado, enquanto que o início das vendas começa a surtir efeito na amortização dos investimentos realizados (indicado como promoção na figura). No caso de um produto de sucesso, após a aceitação do mesmo pelo mercado consumidor e amadurecimento de sua posição frente às alternativas existentes anteriormente, o produto passa a ser grande fonte de lucros, uma vez que o esforço promocional é reduzido. Esta etapa é comumente denominada “*money cow*” (ou lucro pleno), fazendo alusão à uma “vaca-leiteira” como fonte de recursos de baixo custo de manutenção. Após certo tempo de mercado, a entrada de concorrentes, com soluções similares ou novos produtos, força a competição por preços e pode gerar a diminuição dos lucros oferecidos pelo produto até justificar sua retirada da linha de produção. Vale destacar que a relação de lucro por unidade vendida depende do tipo de mercado em que o produto está inserido, e do tipo de risco pretendido no investimento dos portadores de ações da empresa. Enquanto alguns produtos oferecem riscos baixos e, em contraposição, baixo lucro por unidade vendida – ou, ainda, baixo retorno sobre investimento – outros setores oferecem grandes riscos e, em caso de sucesso, grandes lucros frente aos investimentos realizados. Trata-se da diferenciação entre os *commodities* e os produtos de tecnologia intensiva, por exemplo.

Independente do setor, o investidor pretende prolongar ao máximo a vida de seu produto no mercado, estendendo o período chamado *money cow*. Uma das maneiras de aumentar a vida de um produto no mercado é realizar pequenas alterações incrementais, promovendo uma nova funcionalidade, aperfeiçoando um mecanismo ou reduzindo um item de custo, entre outros. É possível que o discurso de PETERS (*op.*



cit.), após anos desenvolvendo incrementos em produtos de limpeza – com sucessivas versões do “branco mais branco” – não compreenda esta atividade essencial à sobrevivência de empresas, como o sucessivo lançamento de diferentes gerações de uma mesma família de automóveis, por exemplo. É importante destacar que produtos verdadeiramente inovadores podem implicar em grandes gastos com promoção, de maneira a convencer o mercado consumidor a experimentar a novidade e seus benefícios. Em geral, estes produtos necessitam de novos investimentos em pequenas melhorias de maneira a ajusta-los para a promoção desta aceitação.

Focando-se na questão da utilização de recursos naturais esgotáveis e na geração de resíduos, cabe destacar que o prolongamento da vida de alguns produtos é também interessante para a conservação do meio ambiente, evitando o descarte de produtos ainda em boas condições de uso para aquisição de novos produtos.

EVBUOMWAN *et. al.* (*op. cit.*), a partir dos trabalhos de JUSTER, de CAGAN & AGONINO, de SRIRAM, e de PAHL & BEITZ (1984) enumeram os seguintes tipos de problemas de design:

1. Design rotineiro: a partir de produtos ou protótipo já existentes, um novo produto é gerado, mantendo-se os mesmos conjuntos de variáveis e características; Esta atividade é muito comum na geração de alternativas para a solução de um problema dentro do processo de design (figuras 8 a 10);

2. Design não-rotineiro, design original ou novo design: são produtos completamente novos e podem ser classificados em duas categorias:

- a. Design inovador – quando novas variáveis de projeto são introduzidas, mantendo-se alguma similaridade com variáveis ou características anteriormente existentes. O problema continua semelhante, enquanto que os sub-problemas e as várias possibilidades de soluções são retrabalhadas. Em alguns casos, combinações alternativas de sub-problemas podem gerar novos designs. Pode ser considerado como design inovador a solução de problemas antigos de novas maneiras, ou de novos problemas com uma mesma solução, por analogia (figura 11);
- b. Design criativo – quando novas variáveis ou características são introduzidas sem manter similaridade com as anteriores. Os produtos desta categoria guardam pouca ou nenhuma semelhança com produtos anteriores (figura 12).

3. Redesign: Envolve a modificação de um produto existente para satisfazer novas exigências. Ao final do processo, o redesign pode aparecer como um design rotineiro, como um design inovador ou como um design criativo. Pode ser subdividido em redesign adaptativo e redesign variante.
 - a. Redesign adaptativo, configurativo ou transicional – envolve a adaptação de um sistema conhecido para uma nova necessidade, mantendo-se o princípio de funcionamento, o princípio da solução utilizada. Também envolve o incremento através do refinamento de uma série de “detalhes” do produto (figuras 13 e 14);
 - b. Redesign variante, ampliador ou paramétrico – através de procedimentos de extrapolação ou interpolação, envolve o incremento de diferentes capacidades a projetos geometricamente similares (figuras 15 e 16).

Acerca do design rotineiro, os autores afirmam a existência de um plano, da geração de alternativas e protótipos a partir dos sub-problemas. A figura 08 apresenta o design rotineiro na evolução de uma proposta e geração de uma marca. Neste caso, trata-se da marca do Teatro Brasileiro de Comédia – TBC, pela renomada designer Emilie Chamie (MAZZINI & SILVA, 2001). Como um exemplo focado no projeto de produto de uso, as figuras 09 e 10 apresentam a evolução no projeto de uma máquina de lavar roupas (MAZZINI & SILVA, *op. cit.*).

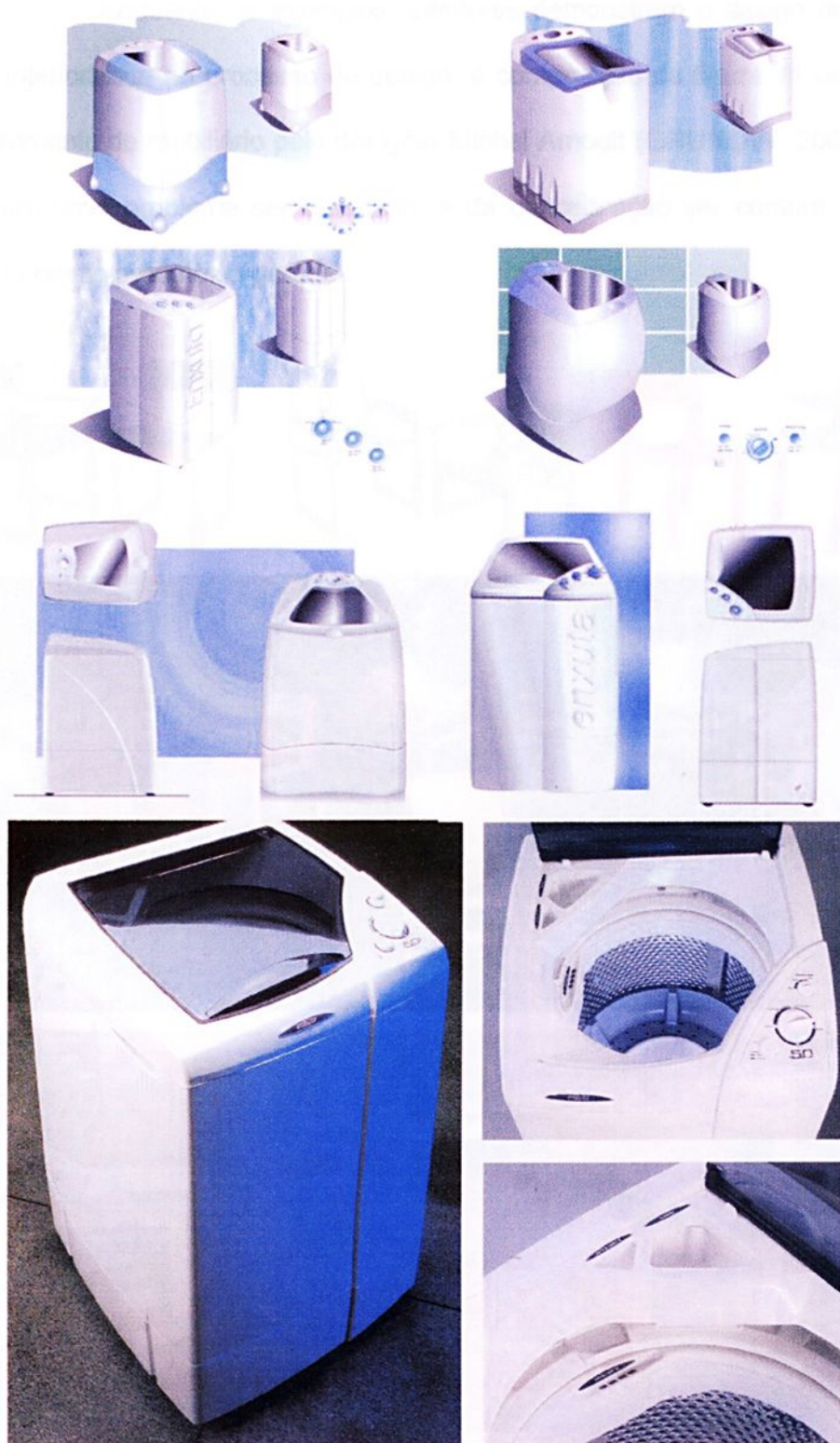


Figura 10: Exemplo de design rotineiro nos renderings e no produto final das etapas do desenvolvimento de uma máquina de lavar roupas pelo escritório de design Farné Seragini para a marca ENXUTA. Adaptado de: MAZZINI & SILVA (2001).

Enquanto os exemplos anteriores demonstram o design de rotina de maneira interiorizada no processo de design, a composição da figura 11 demonstra o desenvolvimento de mobiliário pelo designer Michel Arnoult (GRUNOW, 2005). Apesar de nenhum novo problema ser abordado, e da conceituação ser comum, uma nova coleção de novos produtos é gerada.



Figura 11: Exemplo de design rotineiro na composição de imagens da coleção de móveis Gween, Garden e Trio do designer Michel Arnoult para a empresa KPK Interiores, apresentando diferentes soluções para o mesmo problema. Adaptado de: GRUNOW (2005)

No design original os procedimentos apresentados nos modelos de design são seguidos em maior extensão, assim como no redesign. A composição da figura 12 é um exemplo de design inovador, onde uma nova maneira de abordar o problema – neste caso, o da comunicação via telefônica entre dois pontos ser substituído pela comunicação entre dois indivíduos – colabora no surgimento de um novo produto, ou numa nova categoria de produtos – telefones celulares, móveis.



Figura 12: Exemplo de design inovador na composição de imagens indicando a evolução do telefone convencional para o telefone sem fio e, então, para o telefone celular. Fonte das imagens: WIKIPEDIA, em www.wikipedia.org, acessado em Agosto de 2005.

A figura 13 apresenta o design criativo, onde um produto totalmente novo é gerado. Neste caso, o *mouse*, periférico de controle para microcomputadores.



(b)



Figura 13: Exemplo de design criativo na composição de imagens do *mouse*, periférico para computadores que, quando de seu desenvolvimento, tratava-se de um produto totalmente novo. Fonte das imagens: WIKIPEDIA, em www.wikipedia.org, acessado em Agosto de 2005.

A figura 14 apresenta um exemplo de redesign adaptativo, onde um produto, um dispositivo portátil para ouvir músicas, é apresentado em várias gerações. A figura 15 apresenta o redesign adaptativo do *mouse* apresentado na figura 13 para adequar-se ao estilo de uma nova linha de microcomputadores (figura 15b)

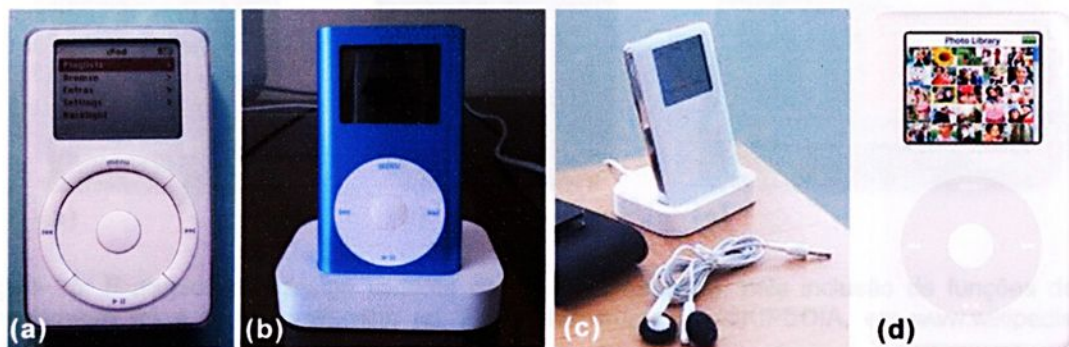


Figura 14: Exemplo de redesign adaptativo, um aparelho portátil para músicas, o iPod, em sucessivas gerações. Fonte das imagens: WIKIPEDIA, em www.wikipedia.org, acessado em Agosto de 2005.

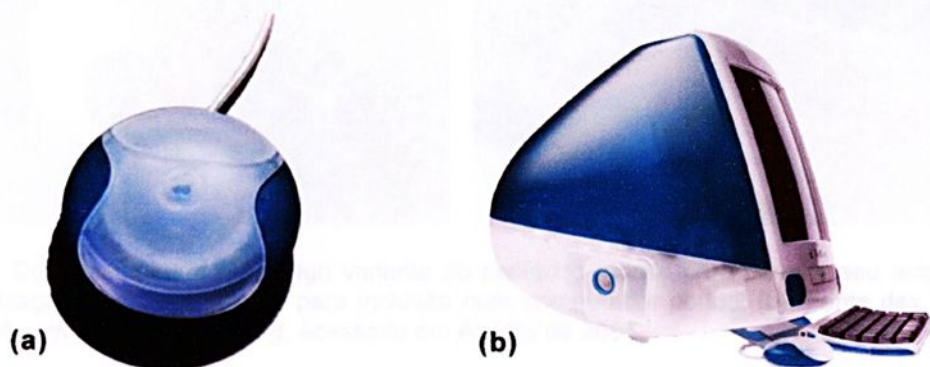


Figura 15: Exemplo de redesign adaptativo, o periférico *mouse* para um novo modelo de microcomputador. Fonte das imagens: WIKIPEDIA, em www.wikipedia.org, acessado em Agosto de 2005.

As figuras 16 e 17 apresentam dois exemplos de redesign variante. No primeiro, as funções de diferentes equipamentos são incorporadas para compor um só instrumento de medição. No segundo, o exemplo de design criativo da figura 13 é re-projetado para oferecer novas possibilidades de uso junto a computadores portáteis.

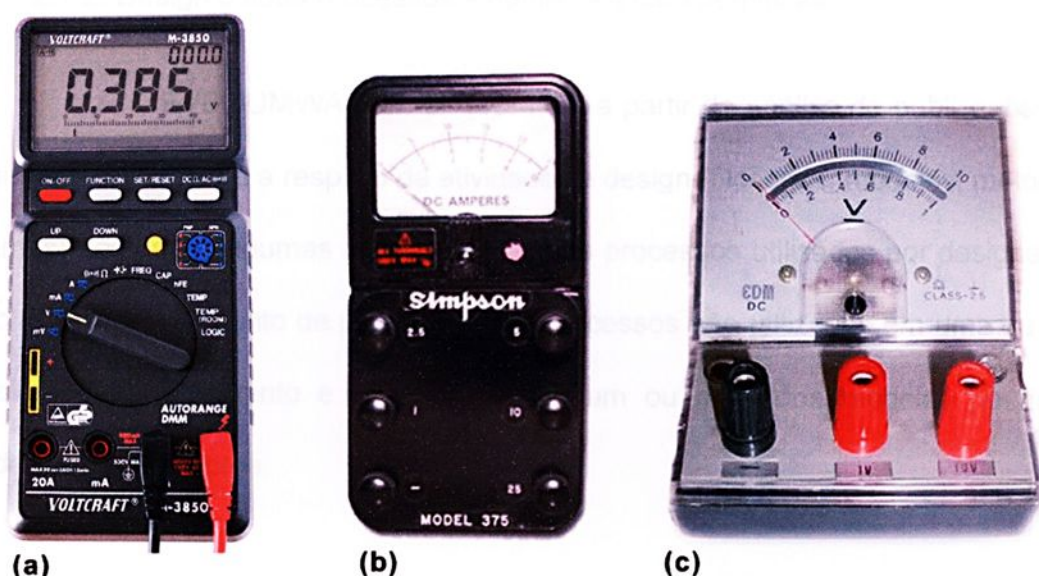


Figura 16: Exemplo de redesign variante de um multímetro (a), pela inclusão de funções de um amperímetro (b) e de um voltímetro (c). Fonte das imagens: WIKIPEDIA, em www.wikipedia.org, acessado em Agosto de 2005.

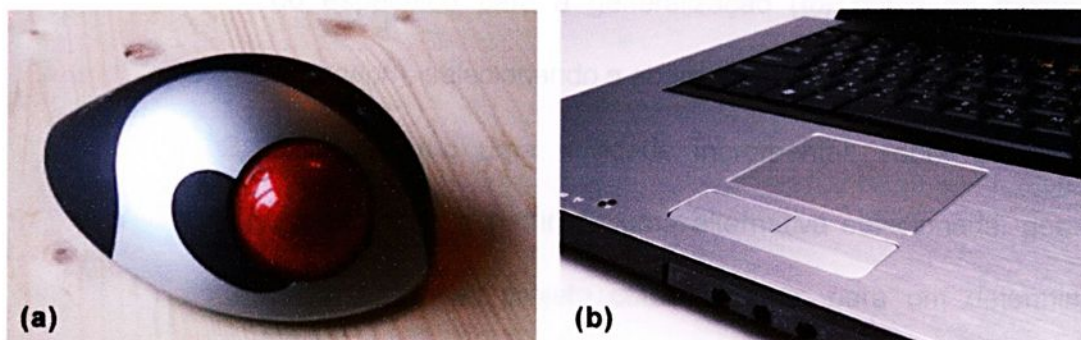


Figura 17: Dois exemplos do redesign variante do periférico *mouse* para permitir seu acionamento com a utilização do polegar (a) ou para inclusão num computador portátil (b). Fonte das imagens: WIKIPEDIA, em www.wikipedia.org, acessado em Agosto de 2005.

Os modelos de design, e seus métodos devem, portanto, ser flexíveis o suficiente para atender a estas diferentes demandas da atividade. O designer faz uso, nas várias etapas do desenvolvimento de produtos, para os diferentes objetivos citados neste item, de diferentes formas de processamento (atitude, raciocínio, visualização, atividade).

2.1.2. Design e seus processos – natureza e características

EVBOUMWAN *et. al.* (*op. cit.*), a partir da análise de publicações das últimas quatro décadas a respeito da atividade de design (filosofias, modelos, métodos e sistemas) destacam algumas características dos processos utilizados por designers ao longo do desenvolvimento de produtos. Tais processos são utilizados em uma ou mais fases do desenvolvimento e são citadas em um ou mais dos modelos de design estudados pelos autores.

1. Design como uma atividade oportuna: indica que se pode fazer uso tanto de uma abordagem do geral para o específico quanto do específico para a generalização (*top-down* ou *bottom-up approach*), selecionando a abordagem de maneira oportuna;
2. Design como uma atividade incremental: sobre o processo evolucionário a partir de uma alternativa selecionada, gerando incrementos ao projeto como degraus para um determinado objetivo;
3. Design como uma atividade exploratória: relacionado aos modelos baseados no conhecimento (*knowledge based*) como a atividade de um especialista buscando soluções para determinado problema;
4. Design como atividade de pesquisa: desde o brief de design, passando pelas pesquisas de opinião pública, de técnicas, de similares em busca de casos de sucesso ou de falhas a serem corrigidas;



5. Design como um processo criativo: envolve os processos com auxílio de *Know-How*, engenhosidade, memória, habilidade no reconhecimento de padrões, busca randômica no escopo de trabalho, pensamento lateral lateral, *brainstorming*, analogias, sinética, etc.;
6. Design como um processo racional: relacionado à validação de soluções propostas, envolvendo raciocínio lógico, análises matemáticas, simulação computacional, experimentação laboratorial e ensaios e testes de campo;
7. Design como um processo de tomada de decisão: associado ao juízo de valor entre diferentes opções de soluções para uma dada problemática. Tais decisões baseiam-se tanto na experiência quanto nos dados analisados;
8. Design como um processo iterativo: a repetição de etapas para avaliação e melhoria de alternativas propostas é uma atividade comum no design, através de diversos fluxos de retroalimentação (*feedback*) nos modelos de design;
9. Design como um processo interativo: o designer é parte integrante do processo de design, realizando experimentos, interagindo com suas próprias idéias e soluções.

As características evidenciadas dos processos de design demonstram, além de sua inerente multidisciplinaridade, uma grande diversidade de tipos de ação. Assim, qualquer método que pretenda ser extensivo à todas as etapas do processo de design deve ser tal que abranja esta riqueza de tipos de atividade. Para análise dos



métodos de SMPF, as categorias acima devem ser transformadas em critérios, em busca da adequação dos métodos ao processo de design.

2.1.3. Um modelo de design como referência

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 (LÖBACH, 2001; MALDONADO, 1991; BONSIEPE, 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 *et. al.*, *op. cit.*).

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 KUNZLER *et. al.* (2002). Entretanto, o campo ainda permanece vasto para novos estudos.

Cabe mencionar o trabalho de KROES (2002), 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. A funcionalidade encerra aspectos dos mais diversos, desde aspectos relacionados diretamente ao uso até aspectos estéticos e psicológicos dos produtos (*ibidem*). 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 ao 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 (*op. cit.*) sugerem que as propriedades “metafísicas” (*metaphysical properties*, como os autores as 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 & 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 & EDWARDS, *op. cit.*; ASHBY e JOHNSON, *op. cit.*).

A figura 18 mostra o *Design Model* adotado pela British Standards na norma técnica BS 7000 (EVBUOMWAN *et. al.*, *op. cit.*). 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; Design Representativo¹⁰; 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 18 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, em relação à Seleção de Materiais, que a quantidade e precisão das informações necessárias ao Design varia segundo o estágio de projeto alcançado (SAPUAN, 2001). Informações na etapa de Design

¹⁰ Utiliza-se Design Representativo como tradução para o termo *Embodiment Design*, uma vez que esta etapa é aquela que parte do conceito (como *input*) para chegar na sua representação (como *output*) através de desenhos, *layout*.



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 19).

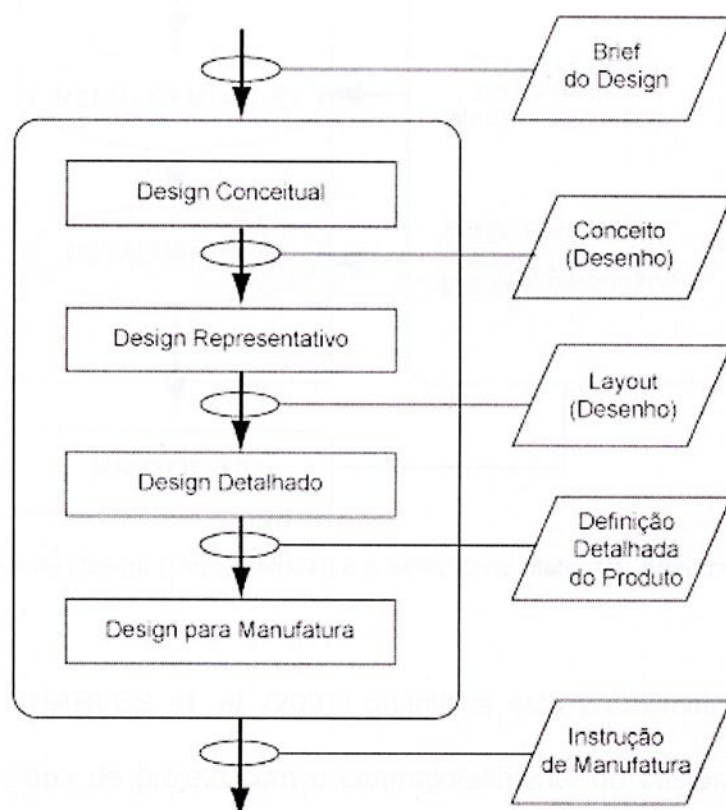


Figura 18: O Modelo de Design (*Design Model*) apresentado pela British Standard, a BS 7000. Adaptado de: EVBUOMWAN *et. al.*, 1996.

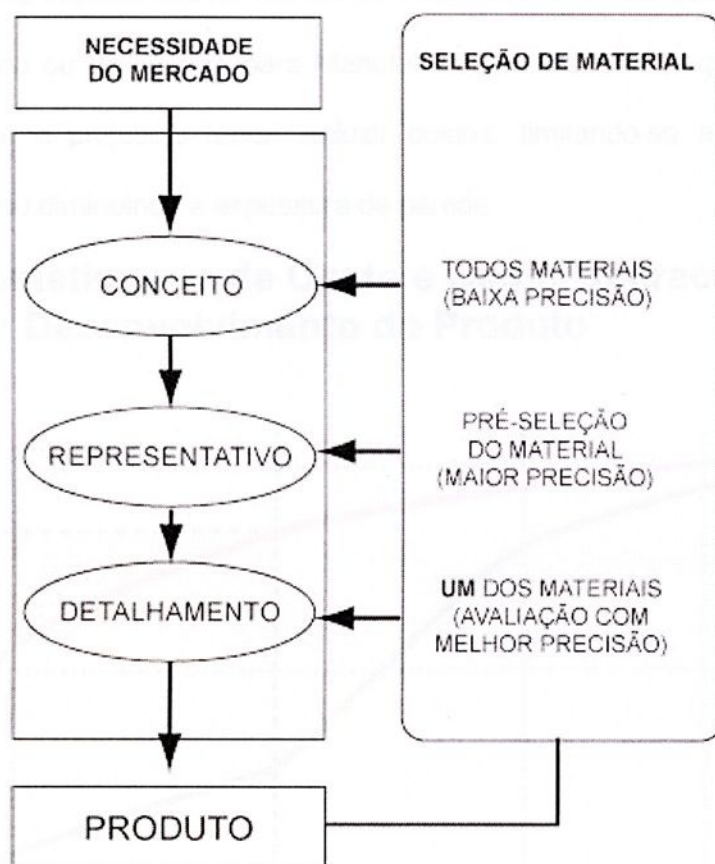


Figura 19: O Modelo de Design (*Design Model*) e a Seleção de Materiais. Adaptado de: SAPUAN, 2001.

CHARLES *et. al.* (2001) quantifica esta problemática comparando o custo de cada etapa de projeto com o comprometimento de custos conseqüente do processo de tomada de decisão das mesmas (figura 20). Ainda, apresenta o custo relativo de uma modificação no projeto em cada uma destas etapas (Quadro I). Assim, enquanto as etapas iniciais da atividade de projeto (Conceitual e Representativo) apresentam baixos custos, uma vez que demandam apenas de mão de obra, são responsáveis por grande parte do custo final do produto, já que nestas etapas são tomadas decisões que limitarão as ações em etapas futuras. Por exemplo, se no projeto de uma tampa para uma embalagem o conceito e a representação indicarem uma complexidade de forma alta, com roscas, reentrâncias e lacres de rompimento é provável que se caminhe para a utilização de injeção de termoplásticos em sua

execução, com as implicações de custos de investimento em moldes. Numa etapa de Design Detalhado ou de Design para Manufatura, haveria uma pequena margem de negociação para o projetista tentar reduzir custos, limitando-se a produzir alguns espaços vazios ou diminuindo a espessura de parede.

Comprometimento de Custo e Custo Operacional no Ciclo de Desenvolvimento do Produto

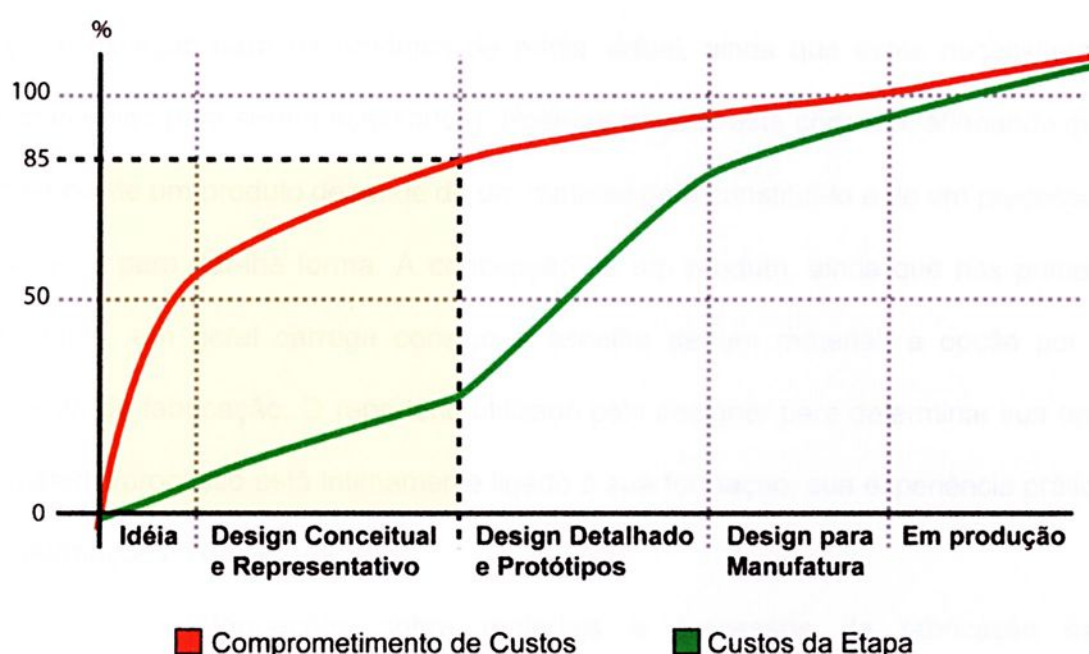


Figura 20: Custo operacional e comprometimento final de custos em função de cada etapa de projeto. Destaca-se que 85% dos custos finais de produção são determinados pelas decisões tomadas antes do detalhamento de projeto. Adaptado de: CHARLES *et. al.*, 2001.

Estágio de Desenvolvimento	Custo relativo de uma alteração
Design Conceitual	1
Design Detalhado	10
Ferramentaria	100
Testes	1.000
Pós-lançamento	10.000

Quadro I: Custo relativo de uma alteração no projeto em função da etapa de projeto. Fonte: CHARLES *et. al.*, 2001.

Desta maneira os autores demonstram a necessidade de que se leve a SMPF em consideração desde as etapas iniciais do projeto de produto.

2.2. Métodos e Sistemas de Seleção de Materiais e suas relações com Modelos de Design

“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 constituí-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 um material para constituí-lo 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, 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 internet¹¹, e sistemas *online* por assinatura¹², 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.

¹¹ Veja MatWeb – Material Property Data: www.matweb.com, entre outros.

¹² Como o serviço Material Connexion em www.materialconnexion.com



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). Entretanto, a que se destacar que tal metodologia foi desenvolvida com foco na prática de engenharia, ou *Engineering Design*, como é possível verificar no trabalho pioneiro de ASHBY (1989).

O trabalho realizado por ASSUNÇÃO (2002) indica que as metodologias para SM não são empregadas por designers de produto e arquitetos no Brasil. Após a realização de entrevistas não-sistematizadas, onde explicava e demonstrava a utilização de métodos de SM – baseados na utilização dos mapas de propriedades dos materiais introduzidos por ASHBY (1989) – e observava seus entrevistados utilizando-as em projetos reais, o autor notou que os mais de cem entrevistados tendiam a descartar os métodos apresentados para procurar por materiais em coleções pessoais de catálogos e em suas próprias anotações e experiências. Afirma que os projetistas abandonavam o método de seleção em questão pois não tinham, nas etapas iniciais de projeto, informações suficientemente precisas para utilizarem como condição restritiva. Inquirindo sobre a possibilidade de utilização de uma metodologia que permitisse ao entrevistado o reconhecimento das possibilidades de materiais e processos de fabricação em sucessivas etapas de eliminação, o autor afirma que:



“não encontrou qualquer pessoa que fosse contra essa proposição, muito pelo contrário, absolutamente todas as pessoas contactadas 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 entendeu como definitivamente contraproducente (...) nos moldes em que elas se apresentam” (ASSUNÇÃO, op. cit.).

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

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 as experiências realizadas pelo Núcleo de Design e Seleção de Materiais da UFRGS¹³, e pela empresa Material Connexion, entre outros, no tocante a bibliotecas físicas de amostras de materiais (Materiotecas). A demanda pelo contato com a amostra é explicitada pelo *designer* Arthur de Mattos Casas, em entrevista para a revista ARCDDESIGN, onde afirma que gostaria de encontrar, no Brasil, “a biblioteca do Material Connexion” (ESTRADA, 2002). 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.

Segundo EVBUOMWAN *et. al.* (op. cit.), 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

¹³ Núcleo de Design e Seleção de Materiais – NdSM/UFRGS, www.ufrgs.br/ndsm



(possibilidades, variáveis e limitações); e Forma (dimensões, estrutura e funcionalidade), que interagem na busca de atender aos requisitos de um determinado produto ou componente. O Quadro II demonstra a relação entre estas variáveis quando um ou mais fatores é considerado fixo ou desprezível.

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

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

As interações indicam para 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 21¹⁴.

¹⁴ A figura 21, gerada neste trabalho a partir das colocações de EVBUOMWAN *et. al.* (1995) é semelhante à apresentada por SILVA (2001), que posiciona nos vértices da base de uma pirâmide os fatores design, materiais, processos e pesquisa & desenvolvimento que, por sua vez, indicam para o topo onde posicina-se a inovação. O autor investiga as relações entre Materiais & Design com vistas ao Design Inovador. Como visto no item 2.1.1, o presente trabalho está direcionado ao processo de design como um todo, justificando a utilização da figura 21 demonstrada.

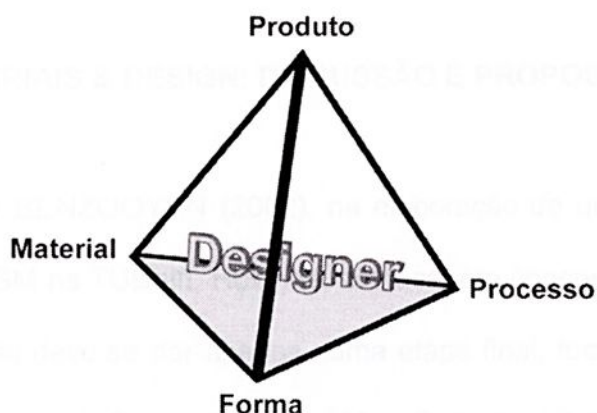


Figura 21: Dinâmica de relações entre Materiais, Processos de Fabricação e Forma na concepção dos produtos industrializados. Os três fatores relacionam-se mutuamente e determinam as características finais do produto.

Os sistemas de informação para Seleção de Materiais e Processos de Fabricação (SMPF) tem evoluído muito nos últimos anos, principalmente pela adição de novas tecnologias, como os *Knowledge Based Systems* (KBS) e os *Self Organized Maps* (SOM), por exemplo (RODGERS & HUXOR, *op. cit.*; RAVIWONGSE *et. al.*, 2000; SAPUAN, 2001).

No tocante a Materiotecas destaca-se o trabalho do Núcleo de Design e Seleção de Materiais – NdSM da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS que, desde 1996, vem realizando pesquisa na área e criando subsídios para implementação de uma Materioteca. A partir de 1999 uma empresa sediada em Nova York/EUA oferece aos designers uma biblioteca de amostras de “materiais inovadores”, e tem tido grande sucesso comercial. No ano de 2004 deu-se início à construção de uma Materioteca voltada para o setor calçadista no município de Nova Hamburgo/RS (SILVA *et. al.*, 2004). Estes três exemplos, bem como alguns serviços via web serão estudados na análise de similares no próximo capítulo.

CAPÍTULO 3. MATERIAIS & DESIGN: DISCUSSÃO E PROPOSTA

VAN BENZOOYEN (2002), na elaboração de uma interface amigável para um sistema de SM na TUDelft, Holanda, destaca, em concordância com SAPUAN (2001), que a SM não deve se dar apenas numa etapa final, focada sobre um quadro bem determinado de condições restritivas. SM e Design podem ocorrer de maneira simultânea, onde um processo suporta e auxilia o outro de maneira recíproca. A figura 22 demonstra o processo/modelo de *ideation* 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 23 exemplifica este processo na concepção de um novo aparelho de rádio.

Parece-nos que a contradição diagnosticada por ASSUNÇÃO (2002) – onde 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 VAN BENZOOYEN (*op. cit.*) e na análise dos modelos de desenvolvimento de produtos, quando contrapostos com a rigidez de alguns dos métodos de SM estudados.



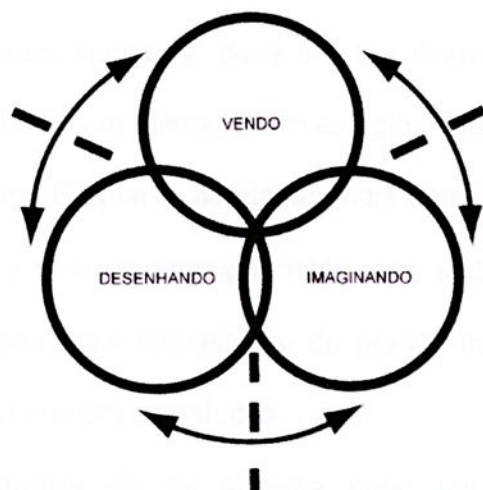


Figura 22: O modelo de McKim utilizado por VAN BEZOYEN (2002): *Visualizing and Visual Thinking in the Process of Ideation*.



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 exeqüíveis no parque fabril nacional, donde se produziria o melhor possível sem 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.

3.1. O Modelo ASHBY & JOHNSON

Procurando formular um método de Seleção de Materiais e Processos de Fabricação focado no Desenho Industrial (*Industrial Design*), ASHBY & JOHNSON (2003) realizam uma análise da metodologia de projeto de produto, donde destacam a importância do Design como criador da personalidade dos produtos. Os autores imprimem uma distinção entre aspectos construtivos e funcionais dos produtos (os



quais atribuem ao *Technical Design*) e os aspectos de percepção e usabilidade (atribuídos ao *Industrial Design*). A partir desta distinção constroem um conjunto de métodos de SMPF centrado nos atributos de percepção de materiais e processos de fabricação (figuras 24 e 25 e Quadro III).



Figura 24: Distinção entre as características de funcionalidade, usabilidade e satisfação dos produtos como função da distinção entre Projeto Técnico e Desenho Industrial. Adaptado de: ASHBY & JOHNSON, 2003.

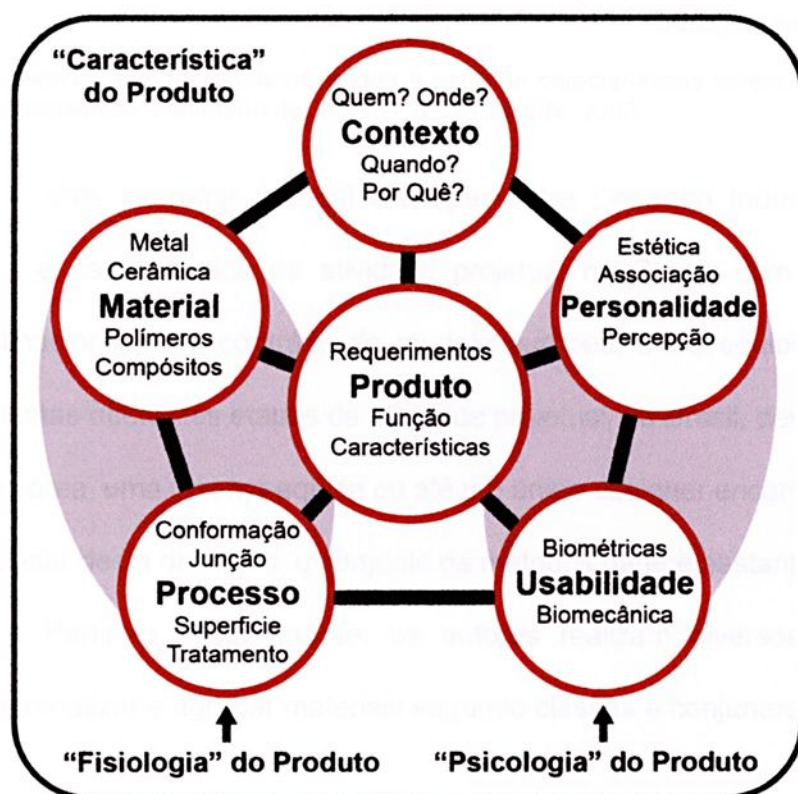


Figura 25: Distinção e analogia entre aspectos “fisiológicos” e “psicológicos” para explicitar a distinção entre os aspectos materiais e imateriais dos produtos. Adaptado de: ASHBY & JOHNSON, 2003.

Personalidade do Produto	Estética	Cor, transparência Forma Sensação, Textura Gosto, Cheiro Som
	Associação	Equipamentos Militares Aeroespacial Brinquedos Natureza
	Percepção	Jovem – Adulto Caro – Barato Moderno – Tradicional Feminino – Masculino
		Ou, por engano no projeto: Ineficiente Perigoso Desagradável...

Quadro III: A personalidade dos produtos, criada a partir de características estéticas, associações e dos atributos de percepção. Adaptado de: ASHBY & JOHNSON, 2003.

Vale ressaltar que tal distinção entre Desenho Industrial e Projeto Mecânico não é característica da atividade projetual no Brasil, com exceção para algumas multinacionais. Ao contrário do modelo europeu, onde equipes distintas se encarregam destas diferentes etapas da atividade projetual, no Brasil, devido aos custos e à tradição da área, uma mesma equipe ou até um único designer encarrega-se de todo o projeto¹⁵. Apesar desta distinção, o conjunto de métodos parece bastante útil.

Partindo desta análise, os autores realizam diversos trabalhos no sentido de: sistematizar e agrupar materiais segundo classes e conjuntos de percepção;

¹⁵ Mesmo que esta não seja a realidade profissional no Brasil, é importante para auxiliar a formação de times a ocorrência de sistemas que sirvam como suporte na comunicação entre designers e engenheiros, como indica o trabalho de KINDLEIN & ARMAND (2005).

relacionar a personalidade dos produtos aos materiais e processos de fabricação; levantar e listar os atributos de percepção dos produtos; etc.

O conjunto de métodos para SMPF resultante destes trabalhos é baseado em quatro sistemáticas distintas e concorrentes: Análise; Similaridade; Síntese e Inspiração.

A **SM por Análise** consiste na busca de materiais e processos em bancos de dados numéricos através de atributos desejados ou de condições restritivas. Atributos desejados são condições que se deseja otimizar, em geral, trabalhadas através de Índices de Mérito. Condições restritivas são requisitos de desempenho mínimos ou indesejáveis. Este método é o que mais se aproxima da SM “tradicional”.

A **SM por Similaridade** é geralmente empregada quando se deseja substituir um material ou basear-se num projeto existente para a criação de um novo. Neste método, todos os atributos da solução existente são enumerados e ordenados segundo sua importância. Os critérios de maior importância são fixados e os de menor, relaxados. Num banco de dados sobre materiais e processos os valores são comparados com outros materiais, em busca de similares. Os Quadros IV e V demonstram os atributos a serem listados para cada material e processo de fabricação. Além dos aspectos técnicos em geral, são relacionados textos que explicam de maneira sucinta tópicos de relevância para os materiais. Tais textos podem servir como base de pesquisa por palavras-chave, apesar desta possibilidade não ser explicitada pelos autores. Destaca-se, ainda, o atributo de “materiais concorrentes”, bem como, o de “processos concorrentes” como excelente ponto de conexão entre materiais e processos similares. A utilização de tal recurso para uma Materioteca será discutida neste trabalho.



Itens Gerais	O que é? Aspectos de Design Aspectos Técnicos Produtos Típicos Aspectos Ambientais Aspectos Econômicos Materiais Concorrentes	Propriedades	Módulo de Elasticidade, Gpa Elongação, % Tenacidade à Fratura, Mpa*m ^{1/2} Dureza Vickers, HV Tensão de Escoamento, Mpa Temperatura de Serviço, Celsius Calor Específico, J/Kg*K Condutividade Térmica, W/m*K Coeficiente de expansão térmica, 10 ⁻⁶ /K Temperatura de processamento, Celsius
	Atributos Gerais Preço, \$/Kg Densidade Mg/m ³		
Características Estéticas	Tom grave a agudo, 0-10 Abafado a ressonante, 0-10 Macio a duro (ao toque), 0-10 Quente a Frio (ao toque), 0-10 Comportamento à luz (transparente, translucido, opaco)	Características Ambientais	Conteúdo energético MJ/Kg Reciclabilidade (ALta, Média, Baixa) Interação com outros materiais (Classe)

Quadro IV: Atributos mínimos a serem considerados para os materiais. Adaptado de: ASHBY & JOHNSON, 2003.

Itens Gerais	O que é?	Conformação	Faixa de massa, Kg
	Aspectos de Design		Parede mínima, mm
	Aspectos Técnicos		Complexidade de forma
	Produtos Típicos		Tolerância, mm
	Aspectos Ambientais		Rugosidade superficial, microns
	Aspectos Econômicos		Produtividade economicamente viável
	Materiais Concorrentes		
Tratamentos Superficiais	Dureza superficial, Vickers	Uniãoes	Tamanho da junta, (Restrito/não-restrito)
	Espessura de recobrimento, microns		Espessura máxima, mm
	Cobertura de superfícies curvas, (bom, médio, ruim)		Espessuras diferentes? (sim / não)
	Temperatura de processamento, Celsius		Une materiais diferentes? (sim / não)
			Impermeável? (sim / não)
Temperatura de processo, Celsius			
			Tipo de junta

Quadro V: Atributos mínimos a serem considerados para os processos de fabricação. Adaptado de: ASHBY & JOHNSON, 2003.

A nova contribuição do método está na **SM por Síntese**, que consiste da busca de informações sobre materiais e processos em produtos existentes, através de seus atributos de percepção. A partir de atributos desejados de percepção, num banco de produtos, é possível verificar quais materiais e processos são empregados para tal e estudá-los a fim de reproduzir tal percepção. Exemplos de alguns atributos de percepção estão listados no Quadro VI. Nota-se que os termos não foram traduzidos da língua inglesa para o Português, uma vez que sua correspondência com a prática profissional no país ainda está em estudo.

Alguns atributos de percepção dos produtos e seus opostos			
Aggressive	Passive	Elegant	Clumsy
Cheap	Expensive	Extravagant	Restrained
Classic	Trendy	Feminine	Masculine
Clinical	Friendly	Formal	Informal
Clever	Silly	Hand-made	Mass-produced
Common	Exclusive	Honest	Deceptive
Decorated	Plain	Humorous	Serious
Delicat	Rugged	Irritating	Lovable
Disposable	Lasting	Mature	Youthful
Dull	Sexy	Nostalgic	Futuristic

Quadro VI: Atributos percebidos em produtos e seus opostos. Os atributos são relacionados aos produtos e estes aos materiais e processos de fabricação, servindo como fonte para SMPF por Síntese. Fonte: ASHBY & JOHNSON, 2003.

Para listar tais atributos os autores realizaram extensa pesquisa bibliográfica em uma publicação da área de Design, a ID Magazine, verificando a nomenclatura e sua relação com os objetos apresentados. Um trabalho de replicação deste método está sendo realizado de modo concomitante a esta dissertação de mestrado, utilizando-se publicações nacionais em busca de uma validade dos termos empregados.

Os autores consideram ainda o método de **SM por Inspiração**, que consiste da livre busca por materiais, processos e produtos de maneira aleatória ou por

interesse do designer, que “navega” pelos exemplos do banco de dados. Destaca-se que os quadro métodos são complementares e devem ocorrer em todas as etapas de projeto.

3.2. Um sistema informacional – investigações do conceito

Considerando um sistema informacional composto de um sistema digital de informações (SDI) e uma coleção ordenada de amostras (Materioteca) como uma fonte de informação e de inspiração para designers, faz-se necessário destacar alguns aspectos sobre o processo criativo.

De maneira geral, entende-se o processo criativo como um processo que explora a bilateralidade do cérebro humano (EDWARDS, *op. cit.*), através de associações entre o processo verbal e o processo não-verbal (MCKIM *apud* VAN BEZOOYEN, *op. cit.*). Estimular a criatividade pode ser entendido como sensibiliza-la para: perceber problemas do entorno; identificar elementos ausentes; identificar elementos conflitantes; e buscar novas soluções, entre outros. É possível sistematizar o processo criativo nas seguintes etapas: Identificação: tornar familiar o desconhecido; Preparação: busca de informações em todos os níveis; Incubação: reação da mente; Esquentamento: uso de metódicas; Iluminação: descoberta, eureka; Elaboração: aprimoramento da idéia; Verificação: testar a validade (ZANLUCHI, 2005). Assim, um sistema informacional que pretende estimular a criatividade ao invés de suprimi-la, de modo que seus usuários possam projetar em busca do novo, e não da repetição de padrões sedimentados deverá manter certo grau de estrutura e ordenação e, também, certo grau de desorganização. Deverá, ainda, permitir a manipulação e o uso das

amostras de materiais nas diferentes formas que desejarem os usuários, sem restringir sua ação (como ocorre numa biblioteca, por exemplo).

Da relação entre materiais, processos de fabricação e o processo criativo destaca-se o trabalho de MANZINI (1989) em *The Material of Invention*, bem como, o de REIS (2003) na tese *Matéria, Forma e Função*.

3.3. Análise de Similares

Realizou-se uma breve análise de sistemas informacionais voltados para a Seleção de Materiais existentes no Brasil, e de um serviço de informações no exterior. Procurou-se, também, avaliar sistemas virtuais (via internet). Em todos os casos procurou-se compreender o funcionamento dos sistema, bem como, identificar pontos que possam ser evoluídos para suprir as premissas indicadas na revisão de literatura do presente trabalho.

3.3.1. Núcleo de Design e Seleção de Materiais – NdSM/UFRGS

O NdSM, pertencente à Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, atua desde 1996 na interface de Seleção de Materiais voltada para a prática do Design (ETCHEPARE *et. al.*, 2002; KINDLEIN, *et. al.*, 2000a; e KINDLEIN *et. al.*, 2000b). Realiza atendimento a empresas e profissionais da área e desenvolve pesquisa e treinamento. Dentre os trabalhos desenvolvidos pode-se destacar o CD-ROM Materiais e Processos, o *website* do Núcleo que dispõe as informações do CD-ROM na internet e uma Materioteca (KINDLEIN *et. al.*, 2002a; e KINDLEIN *et. al.*, 2002b). Os dois primeiros são um projeto piloto para um banco de dados contendo: informações sobre materiais, incluindo algumas propriedades, aplicações típicas e *links* para os processos;



animações sobre processos de fabricação, acompanhadas de uma breve descrição e *links* para materiais e produtos; imagens de produtos com indicações de materiais e processos e respectivos *links*. Tais informações constituem um suporte para a facilitação da comunicação entre engenheiros e designers (KINDLEIN & ARMAND, *op. cit.*). Entretanto, o sistema não é adequado para a realização de sucessivas etapas de eliminação de materiais/processos candidatos a uma determinada aplicação através da imposição de requisitos ao sistema, como demandam os métodos de SM apresentados anteriormente. A Materioteca do NdSM é um projeto embrionário que “tem como objetivo principal reunir o maior número possível de diferentes materiais e suas mais variadas aplicações e acabamentos, a fim de fornecer elementos tácteis e visuais aos projetistas dos futuros produtos industriais”¹⁶ (figura 26).



Figura 26: Tela de apresentação da Materioteca do Núcleo de Design e Seleção de Materiais. Fonte: www.ufrgs.br/ndsm, acessado em 10/07/2004.

¹⁶ <www.ufrgs.br/ndsm> acessado em 10/07/2004.

A intenção desse projeto em acumular o “maior número possível de amostras” acarreta numa problemática de viabilidade técnica quando se confronta com a realidade de 50.000 diferentes materiais no mercado, multiplicados por ao menos uma dezena de processos para cada material e um sem números de possíveis produtos. O NdSM, recentemente renomeado para LdSM, tem atuado também como formador de recursos humanos para atuação na interface Materiais & Design. Entre estes, SILVA (2004) propõe uma solução para a problemática apresentada na criação de uma Materioteca no Centro Universitário Feevale.

3.3.2. Materioteca da Feevale

Nas dependências do Centro Universitário Feevale, em Nova Hamburgo – RS, está sendo implantada uma Materioteca, “idealizada para facilitar a interação entre os conhecimentos do design, da engenharia e afins”, proporcionando “o contato tátil e visual das amostras além de fornecer informações que possam facilitar a escolha consciente de um material para o desenvolvimento de um produto”¹⁷. A figura 27 apresenta o sistema de acondicionamento das amostras na Feevale, capaz de receber diferentes formas de amostras, desde tecidos a peças rígidas. Tais amostras possuem conexão com um banco de dados através de um código de barras. Esta Materioteca está orientada para o setor coureiro/calçadista e o banco de dados encontra-se em desenvolvimento (SILVA, *op. cit.*).

A proposta de SILVA (*op. cit.*) facilita a implantação de coleções ordenadas de amostras, uma vez que as dirige para determinado setor de aplicação. Entretanto, teme-se que tal abordagem possa incorrer numa pré-seleção dos materiais a serem expostos, dificultando o processo criativo. A imagem na figura 28 é de um

¹⁷ <www.feevale.br/materioteca> acessado em 17/08/2004



calçado do tipo "plataforma", confeccionado em alumínio fundido, projeto estudantil vencedor do Prêmio Alcoa de Inovação em Alumínio. Prêmios deste tipo têm como função estimular a busca de novas aplicações para materiais tradicionais o que, certamente, induziu a utilização do material. Entretanto, imaginando-se a hipotética de um projetista que, atendendo uma empresa calçadista, visitasse a Materioteca da Feevale, é provável que tal salto criativo não lhe ocorresse, uma vez que amostras de alumínio fundido não estariam lá dispostas.



Figura 27: Protótipo do sistema de armazenamento de amostras na Feevale. Fonte: <www.feevale.br/materioteca> acessado em 17/08/2004.



Figura 28: Salto plataforma em alumínio fundido, vencedor do Prêmio Alcoa de Inovação em Alumínio. Projeto de Amaro de Castro sob orientação de Cristiana Bouças. Foto de Anderson Bernardo. Cedido pelos autores para este trabalho.

3.3.3. Material Connexion

Material Connexion é uma empresa fundada em 1999 e sediada em Nova York/EUA com a proposta de apresentar para designer uma biblioteca física e um banco de dados informacional de “materiais inovadores”. Trata-se de um empreendimento muito bem sucedido, atualmente com filial em Milão/Itália. (www.materialconnexion.com, acessado em Janeiro/2006.)

As principais contribuições deste exemplo estão na associação de uma Materioteca a um banco de dados via Internet, com sistema de recuperação de dados (figura 29) e em sua estrutura física, que conta com bons expositores para os materiais, sala de reuniões, livreria, estandes especiais e exposições (vide composição da figura 30).

Figura 29: Sistema de busca via Internet do Material Connexion. É possível localizar um material por seu nome técnico ou comercial, por um número de identificação, pelo fornecedor ou por palavras chave. Inclui Processos de Fabricação. Fonte: www.materialconnexion.com, acessado em Janeiro/2006.

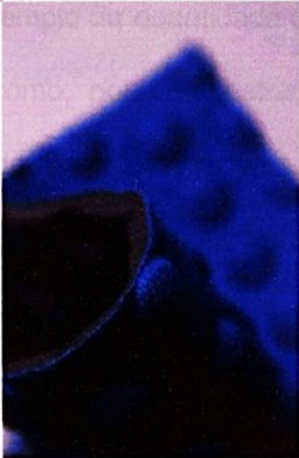


Figura 30: Composição de imagens do Material Connexion. Em (a) estantes para as amostras de materiais, em (b) sala de trabalho, e exposições de novos materiais na coleção (c) ou exibição de coleções especiais(d). Fonte: www.materialconnexion.com, acessado em Janeiro/2006.



Product Overview

Preview



MC Index Number: 3277 01

Stomatex
Fabric
Year Introduced:

A breathable, wear resistant rubber based fabric composed of thermo-formed micro-cellular polychloroprene (neoprene), with woven fabric laminates of nylon polyester/polyester lycra microfiber as lining. Applications include garments and apparel where compressive support, thermal insulation cushioning and impact protection are required.

> [MACRO INTERNATIONAL COMPANY](#)
United States of America

Top

See Alternative Views

> [Top](#)

> [Collection](#)

Figura 31: Exemplo de um “datasheet” do Material Connexion. Um breve texto sobre o material, algumas imagens e o link para o fornecedor. Fonte: www.materialconnexion.com, acessado em Janeiro de 2006.

Como pontos falhos pode-se destacar: a quantidade de informações disponibilizadas via Internet, que consiste de um breve texto e um par de imagens (figura 31); a eficácia da busca por palavras chave no texto citado; a pré-seleção de “materiais inovadores”. Em especial sobre este último vale a prerrogativa de que a inovação dá-se tanto pela aplicação de um novo material quanto pelo uso de um material tradicional numa nova aplicação.

3.3.4. MatWeb.com

O MatWeb é um banco de dados virtual, gratuito, com folhas de dados (*datasheets*) de mais de 42.000 materiais. Possui grande quantidade de informações sobre as propriedades de cada material, e permite a recuperação da informação de maneira seqüencial; pelo tipo de material; por faixas de valores de propriedades; pela composição química; pelo nome comercial; e pelo fabricante. Este serviço trata-se de um excelente exemplo da quantidade de dados e formas de recuperação que pode ser utilizada, bem como, por demonstrar a viabilidade de um serviço gratuito para os usuários custeado pelos fornecedores de materiais. Como pontos negativos destaca-se a ausência de imagens e informações sobre aplicações típicas, bem como, a imposição, no sistema de busca, da opção por uma classe de materiais, impossibilitando a comparação entre materiais de diferentes classes (www.matweb.com, acessado em Janeiro de 2006).

3.3. Análise da Estrutura Funcional e Diretrizes de Projeto

A Análise de Similares e a revisão da literatura indicam que um sistema de informações para SM deve ser estruturado de maneira a permitir que o usuário tenha



acesso a amostras de materiais e que estas estejam associadas a um banco de dados com informações abrangentes e completas sobre suas propriedades e sobre os processos de fabricação a que este material está relacionado. Assim, acredita-se que o sistema dever ser composto de uma coleção ordenada de amostras (Materioteca) e de um sistema digital de informações (SDI). Tal composição encerra um desafio de projeto, uma vez que se trata de um processo de comunicação com o usuário (designer) em dois meios distintos e complementares.

Enquanto o SDI permite a catalogação de um número maior de materiais e processos e maior quantidade de informações sobre cada um destes, encerra dificuldades de interação com o usuário, dada a limitação da interface digital (ASHBY *et. al.*, *op. cit.*). Por outro lado, a Materioteca permite o contato do usuário com uma amostra do material, com as vantagens citadas anteriormente. Entretanto, esse meio possui limitações de espaço físico e ordenação/recuperação de informações. Algumas características básicas da composição deste sistema são expostas e discutidas abaixo, partindo da Materioteca para o SDI.

No tocante à coleção de amostras e sua disposição, para permitir uma ordenação do acesso às amostras, estas devem ser agrupadas por classes de materiais. Tal agrupamento permite que se disponha de uma representação mínima de cada classe de materiais, permitindo ao usuário a visualização de todo o espectro dos materiais, evitando os problemas de pré-seleção indicados na Análise de Similares (item 3.3) e, simultaneamente, evitando a tarefa de colecionar todos os materiais disponíveis no mercado. As classes utilizadas são: Metais, Polímeros, Cerâmicas, Materiais



Naturais¹⁸; e Compósitos. Os materiais devem ainda ser agrupados segundo sub-classes como, por exemplo, Polímeros Termofixos e Polímeros Termoplásticos.

As amostras devem estar associadas a um banco de dados que contenha os dados listados no item 3.1 deste trabalho, incluindo o direcionamento para um ou mais fornecedores. Do ponto de vista da coleta de dados sobre propriedades de materiais, existe uma dificuldade operacional em agrupar muitas informações sobre muitos materiais (SILVA, *op. cit.*). Esta pode ser minimizada pela utilização de uma estratégia de coleta de dados de modo a abranger as classes supracitadas partindo de um pequeno conjunto de propriedades a serem completadas em sucessivas etapas de coleta de dados. Na metáfora de uma “piscina rasa”, que contemple todo o espectro de materiais com uma pequena profundidade de informações, ao que se vai aprofundando ciclicamente¹⁹.

O sistema de informações deve permitir simultaneamente a seleção de materiais e de processos de fabricação (LOVATT & SHERCLIFF, *op. cit.*). Tais processos devem compreender no mínimo as classes de Conformação, União e Acabamento Superficial (ASHBY & JOHNSON, *op. cit.*). No sistema digital é possível agrupar processos em um banco de dados específico, separado do de materiais, e relacioná-los através de *hyperlinks*, por exemplo. Entretanto, na Materioteca tal separação implicaria a execução de nova coleção, incrementando os custos do projeto.

¹⁸ A classificação de Materiais Naturais não é usual na CEM, uma vez que cada material natural apresenta estrutura semelhante aos materiais de uma das outras classes, podendo ser enquadrado nesta classe. Assim, rochas são cerâmicas, madeiras são compósitos de lignina reforçados com fibras de celulose, e assim por diante. Entretanto, a classificação de material natural é muito utilizada comercialmente e entre os designers, indicando os materiais que não sofreram nenhum processo de transformação físico-química.

¹⁹ Uma vez com o sistema de informações em funcionamento surgirá a dificuldade de atualização dos dados, dada a contínua expansão da indústria de materiais e o esforço de pesquisa e desenvolvimento na área. O sistema pode ser atualizado de dois modos: pela participação dos fornecedores de materiais, incluindo e se responsabilizando por informações sobre seus lançamentos; e pela utilização de recursos de Inteligência Artificial que busquem informações na *internet*. Supõe-se que o primeiro seja mais fácil de articular, sendo auxiliado pelo segundo. Esta discussão não será aprofundada no presente trabalho, indicando uma possibilidade de investigação futura.

Ainda, acredita-se que a separação entre materiais e processos dificultaria a compreensão do usuário sobre o material que tem em mãos, dada a íntima relação entre materiais, estrutura e processos de fabricação (figura 04, item 1.2). Uma alternativa para contornar esta problemática está nas classificações aceitas internacionalmente para os materiais (como AISI, ASM, SAE, etc.) que agrupam alguns processos como sub-classes de materiais como, por exemplo, nesta seqüência: Metais, Metais Não-Ferrosos; Ligas de Alumínio; Alumínio Fundido. Este último remete, então, ao processo de Fundição de Alumínio. Levando este conceito ao extremo, é possível agrupar amostras de materiais partindo do material oriundo da indústria de base (a matéria-prima "original") aos oriundos da indústria de transformação (os chamados "materiais de prateleira"). Como exemplo, cita-se a seqüência: Polímeros, Termoplásticos, Polipropileno, Polipropileno Extrudado, Placas de Polipropileno ou Perfis de Polipropileno²⁰. A associação da amostra com o banco de dados permite a recuperação das informações sobre o Processo a que esta foi submetida. De modo semelhante, classes especiais, como fibras, tecidos e espumas podem ser consideradas a partir dos processos que as originam, sendo agrupadas como sub-classes.

A proposição de um SDI e de uma Materioteca abre o escopo de atuação e a demanda de conhecimentos para além do cabível nessa dissertação.

O SDI deve permitir ao usuário a manipulação das informações com a utilização de qualquer dos métodos apresentados no item 3.1 sem restringir a possibilidade de ocorrência simultânea de mais de um dos métodos, ou a utilização de modo ainda não previsto na literatura. Isto implica num sistema digital que congregue a

²⁰ Os polímeros apresentam algumas dificuldades particulares em sua classificação, uma vez que a partir de uma mesma resina de base é possível obter uma ampla gama de propriedades através da aditivação de polímeros. Por exemplo, o PVC comumente utilizado para fabricação de tubos para água e esgoto (opaco e rígido) pode ser aditivado para a confecção de frascos (transparentes e rígidos) ou mangueiras (transparentes e flexíveis). Tais dificuldades estão sendo abordadas no mestrado de SANT'ANNA (2005), em andamento na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP.



interface de um *website*, com certas características de interface de *software*, com estudos específicos do comportamento dos usuários, confecção de versões de teste (*beta versions*), entre outros²¹. Existem subsídios suficientemente abrangentes na literatura para o desenvolvimento de tal trabalho. A título de exemplo pode-se citar KRUG (2001), ROSENFELD & MORVILLE (2002), BRINCK *et. al.* (2001) e, em especial, a tese de doutorado de PASMAN (2003), que abrangem as áreas de Interface Humano-Computador (HCI), Arquitetura da Informação e o desenvolvimento de ferramentas para auxílio à atividade de design.

O desenvolvimento e implantação de uma Materioteca, como indica SILVA (*op. cit.*), carece de metodologia. É possível afirmar que tal metodologia será originada a partir da área de Seleção de Materiais com contribuições do Design Informacional²² e da Arquitetura de Informação²³. No próximo sub-item desta dissertação apresenta-se alguns avanços na discussão em torno da relação do usuário com os dois sub-sistemas. Pesquisas futuras poderão indicar novos recursos para Materiais & Design através da inclusão de ferramentas de Inteligência Artificial que auxiliem os dois sub-sistemas²⁴. O item 3.5 apresenta uma proposta de articulação entre os estudos necessários para elaboração e execução de um sistema de informações de SMPF aplicado ao Design a partir dos subsídios levantados nesta dissertação.

²¹ Tais estudos encontram-se em fase inicial no trabalho de SPOLADORE (2005).

²² Para um texto introdutório acerca do Design Informacional, ver MIJKSENARR (1997).

²³ Tais estudos encontram-se em fase inicial no trabalho de FERRAZ (2005).

²⁴ Tais estudos encontram-se em fase inicial no trabalho de MARAR (2005).



3.3.1. Contribuições para o relacionamento Materioteca-SDI

A Materioteca, como fonte de informação e inspiração para designers, deve ser tal que permita o acesso à amostras e informações e também o relacionamento de diferentes materiais. Ou seja, deve permitir que a análise de uma amostra ou de um *datasheet* instigue o usuário a investigar outras amostras, por similaridade ou contraposição. Esta recuperação dinâmica de informações encerra uma problemática: uma vez que o banco de dados é relacional e a materioteca não o é, como é possível o usuário "saltar" de uma amostra para outra, sem limitar-se pelo agrupamento de classes?

A figura 32 representa o esquema típico de acesso aos dados, enquanto que a figura 33 apresenta o caminho percorrido pelo usuário para outra amostra. Este esquema é demasiado rígido e linear.

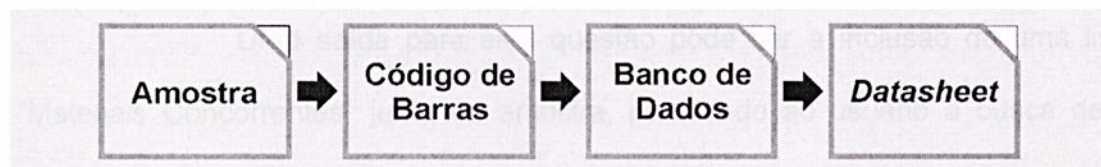


Figura 32: Esquema de acesso aos dados. O usuário identifica uma amostra para então alcançar os dados.

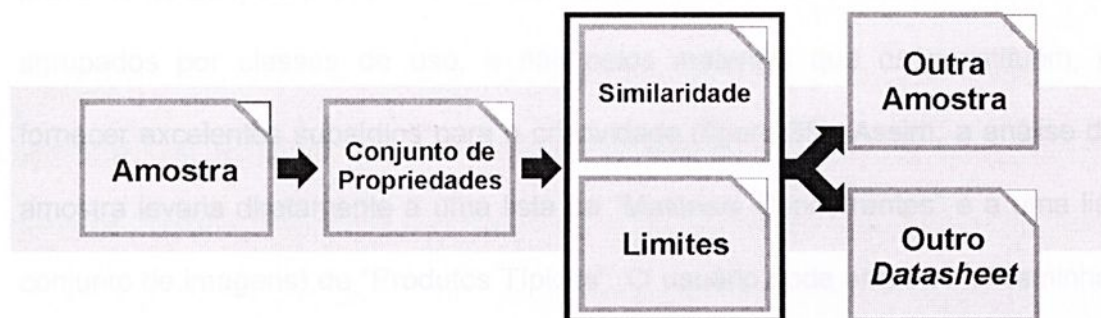


Figura 33: Esquema de acesso aos dados. Através de um banco de dados relacional é possível buscar materiais semelhantes ou conflitantes.

Desta maneira, corre-se o risco de que o usuário se prenda à classe de materiais inicial, impedindo-o de buscar soluções através de todos os materiais, de maneira independente ao agrupamento (figura 34). Se, por um lado, o agrupamento permite certa ordenação, pode também dificultar o processo criativo. Entretanto, não se pretende abandonar a ordenação, com a penalidade de transformar a Materioteca num “amontoado de amostras” incompreensível.

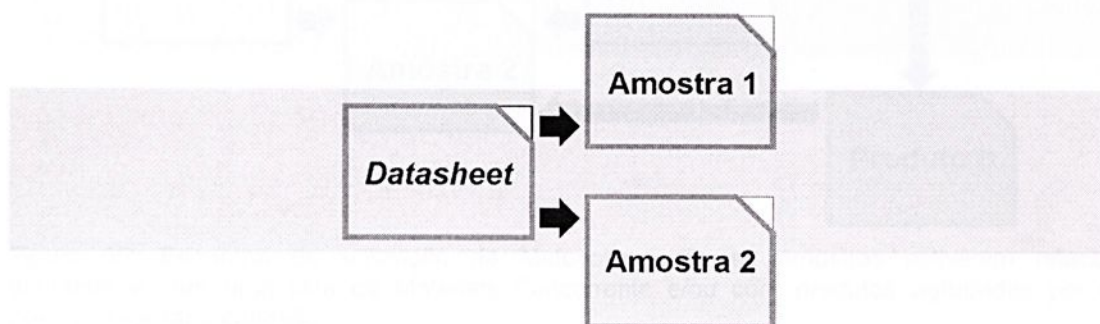


Figura 34: Esquema de utilização da Materioteca. No sistema comum, o usuário não consegue “saltar” de uma amostra para outra.

Uma saída para esta questão pode ser a inclusão de uma lista de “Materiais Concorrentes” junto da amostra, permitindo ao usuário a busca de outra amostra sem a obrigação de acessar o banco de dados. Outra possibilidade é a associação da Materioteca com uma biblioteca (presencial, composta de imagens, ou presente no SDI) de produtos acabados, uma “Produtoteca”. Tais produtos, desde que agrupados por classes de uso, e não pelos materiais que os constituem, podem fornecer excelentes subsídios para a criatividade (figura 35). Assim, a análise de uma amostra levaria diretamente a uma lista de “Materiais Concorrentes” e a uma lista (ou conjunto de imagens) de “Produtos Típicos”. O usuário pode então se encaminhar para a amostra do material concorrente, ou para o setor (ou banco de dados) onde são apresentados os produtos. Por sua vez, os produtos agrupados por categoria industrial

(mobiliário, embalagens, vestuário, linha branca, etc.) permitem a visualização de aplicações semelhantes para materiais/processos distintos.

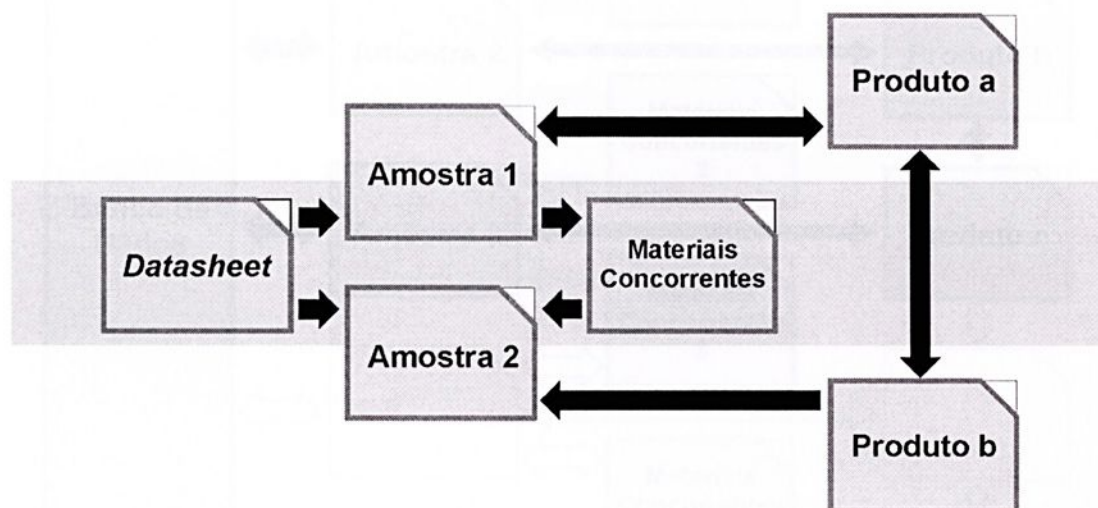


Figura 35: Esquema de utilização da Materioteca. Se as amostras estiverem relacionadas diretamente com uma lista de Materiais Concorrente e/ou com produtos agrupados por uso, é possível realizar a conexão.

A figura 36 demonstra este fluxo para um número grande de possibilidades de materiais (n amostras). Nota-se a opção para o projetista por duas distintas dimensões: o “pequeno passo” de uma amostra para outra, através da lista de materiais concorrentes de cada amostra; ou o “salto”, permitido pela associação de uma amostra a um produto, e de produto para produto até a recuperação da “Amostra n” que venha despertar o interesse do projetista, com seu respectivo *datasheet* no SDI. O diagrama demonstra essa relação de maneira bidimensional, imaginando o caminho de um projetista ao longo dos diferentes suportes informacionais. A estruturação de tal sistema seria ainda mais complexa, uma vez que cada produto está, em geral, relacionado com mais de um material/processo, e com mais de um produto, segundo sua categoria de uso.

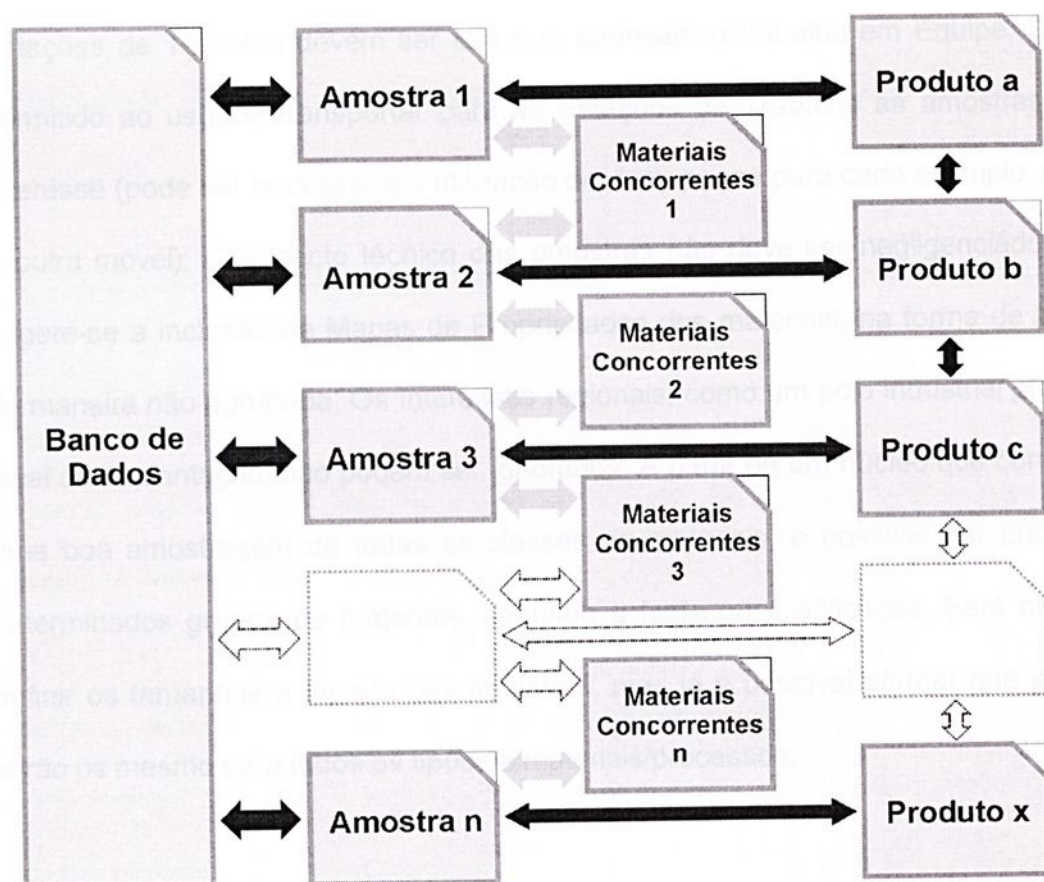


Figura 36: O esquema de utilização da materioteca para um grande número de possibilidades de materiais (amostras). Nota-se o "pequeno passo" entre uma e outra amostra, através da lista de materiais concorrentes e o "salto" através da relação entre os produtos.

A partir da Análise da Estrutura Funcional tornou-se possível a geração de idéias conceituais que podem auxiliar no projeto físico de uma Materioteca: Uma maneira de permitir a associação direta de amostras com outros materiais/processos é a criação de contraste entre as amostras e seus suportes. Por exemplo, a confecção de mobiliário em vidro para a exposição de amostras de materiais metálicos, ou a confecção de divisórias com placas de polímeros para separar os setores de materiais naturais e cerâmicas, e assim por diante; Recomenda-se a instalação de Estações de Trabalho em vários pontos do espaço da Materioteca. Tais Estações seriam compostas de um quiosque para acesso ao banco de dados, e de uma mesa (ou totem) para trabalhos manuais, como desenhos, rascunhos e anotações; Ao menos algumas

Estações de Trabalho devem ser tais que permitam o trabalho em Equipe; Deve ser permitido ao usuário transportar para as Estações de Trabalho as amostras de seu interesse (pode ser necessária a utilização de duas peças para cada exemplo, uma fixa e outra móvel); O aspecto técnico das amostras não deve ser negligenciado. Assim, sugere-se a inclusão de Mapas de Propriedades dos materiais, na forma de pôsteres, de maneira não agrupada; Os interesses regionais, como um pólo industrial próximo do local de implantação, não podem ser ignorados. A partir de um núcleo que compreenda uma boa amostragem de todas as classes de materiais, é possível dar prioridade a determinados grupos de materiais, segundo a fonte ou a aplicação; Será necessário definir os tamanhos e formas das amostras, mas já é possível afirmar que estes não serão os mesmo para todos os tipos de materiais/processos.

- Selecionar metodologias de GMPP adequadas ao Design
- Agrupar e sistematizar informações sobre materiais e processos de fabricação disponíveis no mercado nacional, bem como, seus fornecedores
- Desenvolver e conduzir pesquisa de atributos de associação negativa e correção de materiais e processos de fabricação em produtos industriais



CAPÍTULO 4. Proposta de desenvolvimento de método e sistema

Aponta-se a possibilidade de um método para criação e execução de um sistema de informações de SMPF como ferramenta para o desenvolvimento de produtos. É possível a realização de tais em concordância com a metodologia de Seleção de Materiais e Processos de Fabricação sem, entretanto, negligenciar o processo criativo, permitindo ao usuário a recuperação de informações segundo suas necessidades projetuais ou de reflexão.

De tal maneira, propõe-se a execução de um Projeto de Pesquisa, de caráter multidisciplinar e pluri-institucional, inserido no âmbito do desenvolvimento de metodologias de SMPF adequadas a designers brasileiros, bem como, no desenvolvimento e implantação de um sistema informacional para tal atividade. Sistema este composto de um banco de dados virtual e distribuído (SDI) e de uma coleção ordenada de amostras físicas de materiais (Materioteca).

O processo de desenvolvimento e implantação do sistema será formador de recursos humanos na interface entre Seleção de Materiais e Projeto de Produto, cuja expertise poderá ser contratada por outras instituições. O projeto deverá:

- Sedimentar metodologias de SMPF adequadas ao Design;
- Agrupar e sistematizar informações sobre materiais e processos de fabricação disponíveis no mercado nacional, bem como, seus fornecedores;
- Desenvolver e concluir pesquisa de atributos de associação cognitiva e percepção de materiais e processos de fabricação em produtos industriais;



- Desenvolver Arquitetura de Informação para ambos meios do sistema (material e digital);
- Desenvolver e implantar um banco de dados para o Sistema Digital de Informações;
- Desenvolver e implantar uma Interface Humano-Computador adequada para o SDI;
- Desenvolver, através das técnicas de InfoDesign, um sistema adequado de disposição, acesso, relacionamento e recuperação de informações e amostras na Materioteca;
- Desenvolver e confeccionar o conjunto de mobiliário para a Materioteca;
- Desenvolver o projeto arquitetônico da Materioteca;
- Fortalecer relações de P,D&I entre as instituições e áreas do conhecimento participantes;
- Fortalecer o desenvolvimento de metodologias de ensino de SMPF para cursos de Design;
- Estreitar relações de transferência de tecnologia; e
- Incrementar o potencial de inovação de indústrias e designers.

A elaboração e execução deste projeto deve contar com a participação de profissionais e pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento: Ciência e Engenharia de Materiais; Ciência da Computação; e o Design, representado tanto na área de Projeto de Produto quanto na de Programação Visual. Tal composição permite o desenvolvimento concomitante de um conjunto de Grupos de Trabalho (GT).

A execução deste projeto, dada sua dimensão e multidisciplinaridade, sugere a decomposição num conjunto de grupos de trabalho, a saber: Amostra de Dados (Coleta); Sistema Digital de Informações (SDI); e Coleção Ordenada de Amostras (Materioteca).

Ao conjunto de grupos de trabalho Coleta caberá a estruturação da busca e geração de informações (textuais e imagéticas), dados e amostras de materiais e processos de fabricação disponíveis no mercado nacional, bem como, o desenvolvimento de estudos no âmbito das metodologias de SMPF necessárias para o Sistema²⁵. O conjunto de grupos SDI será responsável pela Arquitetura da Informação Digital, pelo InfoDesign Digital, pela Interface Humano-Computador (HCI) e pelo Desenvolvimento de Softwares Inteligentes e Banco de Dados. Ao terceiro conjunto caberá desenvolver a Arquitetura da Informação para a Materioteca, o InfoDesign Material, e ao Projeto Arquitetônico e Mobiliário da Materioteca.

Tais conjuntos e grupos de trabalho apresentam-se na figura 37, onde é possível observar as relações de interdependência e de concomitância de execução das atividades. Deve-se notar que todos os conjuntos são igualmente responsáveis pelo sucesso do trabalho, com a implantação final do sistema completo.

Cada grupo de trabalho foi estruturado de forma a facilitar o processo de troca de informações entre os grupos e entre as instituições. Todos devem possuir, na orientação dos trabalhos, ao menos um pesquisador de outro grupo, bem como, um conjunto de alunos de graduação envolvidos com o projeto.

O projeto, como gerador de um núcleo de informações, permitirá futuras expansões e novos projetos de pesquisa através das ramificações do sistema

²⁵ Tais podem, por exemplo, incluir suportes de comunicação como as animações sugeridas por KINDLEIN (*op. cit.*), os estudos acerca da influência dos materiais e processos de fabricação na percepção de produtos iniciado por WALTER & SILVA (2006) e o desenvolvimento de glossários como no trabalho iniciado por WALTER & PÉRIGO (2006).



Desta maneira, corre-se o risco de que o usuário se prenda à classe de materiais inicial, impedindo-o de buscar soluções através de todos os materiais, de maneira independente ao agrupamento (figura 34). Se, por um lado, o agrupamento permite certa ordenação, pode também dificultar o processo criativo. Entretanto, não se pretende abandonar a ordenação, com a penalidade de transformar a Materioteca num “amontoado de amostras” incompreensível.

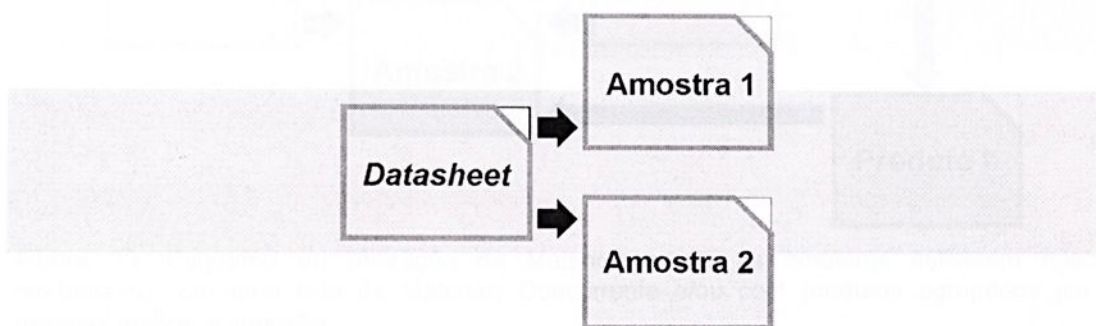


Figura 34: Esquema de utilização da Materioteca. No sistema comum, o usuário não consegue “saltar” de uma amostra para outra.

Uma saída para esta questão pode ser a inclusão de uma lista de “Materiais Concorrentes” junto da amostra, permitindo ao usuário a busca de outra amostra sem a obrigação de acessar o banco de dados. Outra possibilidade é a associação da Materioteca com uma biblioteca (presencial, composta de imagens, ou presente no SDI) de produtos acabados, uma “Produtoteca”. Tais produtos, desde que agrupados por classes de uso, e não pelos materiais que os constituem, podem fornecer excelentes subsídios para a criatividade (figura 35). Assim, a análise de uma amostra levaria diretamente a uma lista de “Materiais Concorrentes” e a uma lista (ou conjunto de imagens) de “Produtos Típicos”. O usuário pode então se encaminhar para a amostra do material concorrente, ou para o setor (ou banco de dados) onde são apresentados os produtos. Por sua vez, os produtos agrupados por categoria industrial

(mobiliário, embalagens, vestuário, linha branca, etc.) permitem a visualização de aplicações semelhantes para materiais/processos distintos.

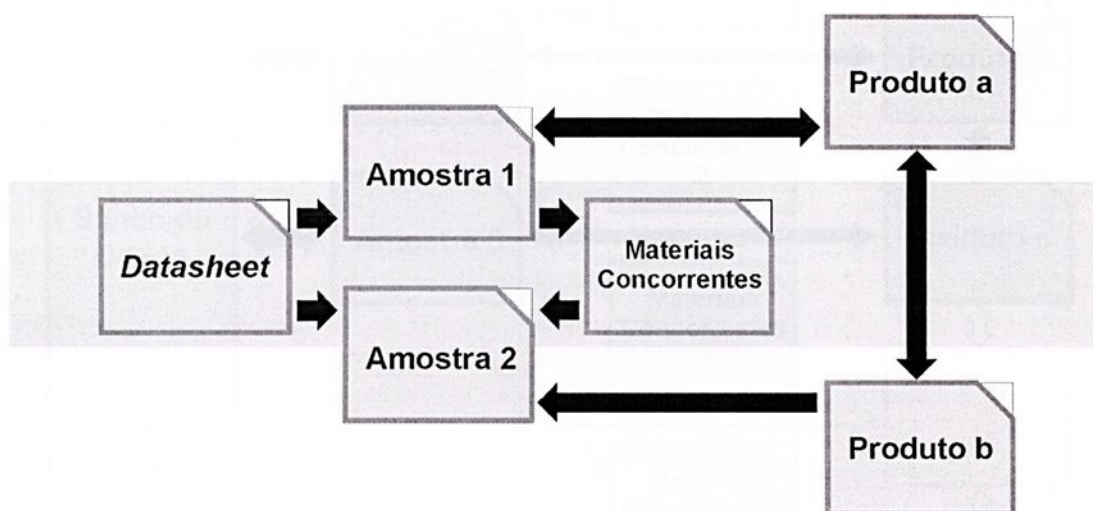


Figura 35: Esquema de utilização da Materioteca. Se as amostras estiverem relacionadas diretamente com uma lista de Materiais Concorrente e/ou com produtos agrupados por uso, é possível realizar a conexão.

A figura 36 demonstra este fluxo para um número grande de possibilidades de materiais (n amostras). Nota-se a opção para o projetista por duas distintas dimensões: o “pequeno passo” de uma amostra para outra, através da lista de materiais concorrentes de cada amostra; ou o “salto”, permitido pela associação de uma amostra a um produto, e de produto para produto até a recuperação da “Amostra n ” que venha despertar o interesse do projetista, com seu respectivo *datasheet* no SDI. O diagrama demonstra essa relação de maneira bidimensional, imaginando o caminho de um projetista ao longo dos diferentes suportes informacionais. A estruturação de tal sistema seria ainda mais complexa, uma vez que cada produto está, em geral, relacionado com mais de um material/processo, e com mais de um produto, segundo sua categoria de uso.

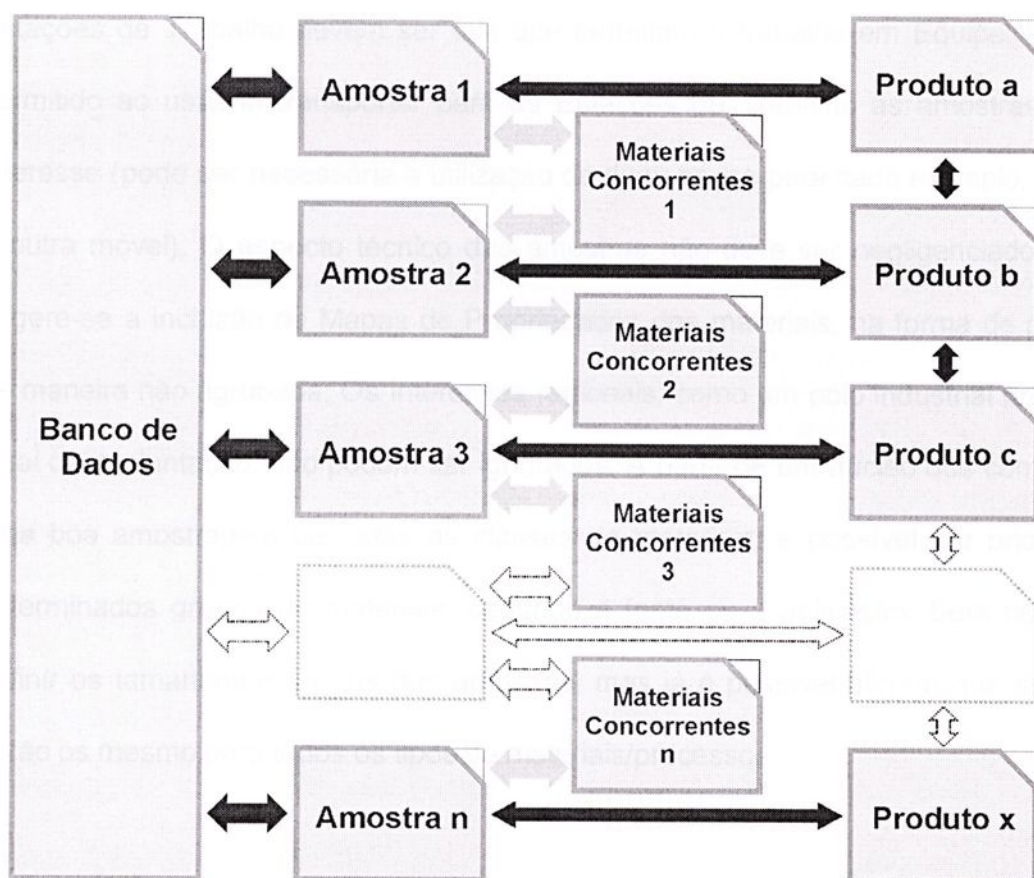


Figura 36: O esquema de utilização da materioteca para um grande número de possibilidades de materiais (amostras). Nota-se o "pequeno passo" entre uma e outra amostra, através da lista de materiais concorrentes e o "salto" através da relação entre os produtos.

A partir da Análise da Estrutura Funcional tornou-se possível a geração de idéias conceituais que podem auxiliar no projeto físico de uma Materioteca: Uma maneira de permitir a associação direta de amostras com outros materiais/processos é a criação de contraste entre as amostras e seus suportes. Por exemplo, a confecção de mobiliário em vidro para a exposição de amostras de materiais metálicos, ou a confecção de divisórias com placas de polímeros para separar os setores de materiais naturais e cerâmicas, e assim por diante; Recomenda-se a instalação de Estações de Trabalho em vários pontos do espaço da Materioteca. Tais Estações seriam compostas de um quiosque para acesso ao banco de dados, e de uma mesa (ou totem) para trabalhos manuais, como desenhos, rascunhos e anotações; Ao menos algumas

Estações de Trabalho devem ser tais que permitam o trabalho em Equipe; Deve ser permitido ao usuário transportar para as Estações de Trabalho as amostras de seu interesse (pode ser necessária a utilização de duas peças para cada exemplo, uma fixa e outra móvel); O aspecto técnico das amostras não deve ser negligenciado. Assim, sugere-se a inclusão de Mapas de Propriedades dos materiais, na forma de pôsteres, de maneira não agrupada; Os interesses regionais, como um pólo industrial próximo do local de implantação, não podem ser ignorados. A partir de um núcleo que compreenda uma boa amostragem de todas as classes de materiais, é possível dar prioridade a determinados grupos de materiais, segundo a fonte ou a aplicação; Será necessário definir os tamanhos e formas das amostras, mas já é possível afirmar que estes não serão os mesmo para todos os tipos de materiais/processos.



CAPÍTULO 4. Proposta de desenvolvimento de método e sistema

Aponta-se a possibilidade de um método para criação e execução de um sistema de informações de SMPF como ferramenta para o desenvolvimento de produtos. É possível a realização de tais em concordância com a metodologia de Seleção de Materiais e Processos de Fabricação sem, entretanto, negligenciar o processo criativo, permitindo ao usuário a recuperação de informações segundo suas necessidades projetuais ou de reflexão.

De tal maneira, propõe-se a execução de um Projeto de Pesquisa, de caráter multidisciplinar e pluri-institucional, inserido no âmbito do desenvolvimento de metodologias de SMPF adequadas a designers brasileiros, bem como, no desenvolvimento e implantação de um sistema informacional para tal atividade. Sistema este composto de um banco de dados virtual e distribuído (SDI) e de uma coleção ordenada de amostras físicas de materiais (Materioteca).

O processo de desenvolvimento e implantação do sistema será formador de recursos humanos na interface entre Seleção de Materiais e Projeto de Produto, cuja expertise poderá ser contratada por outras instituições. O projeto deverá:

- Sedimentar metodologias de SMPF adequadas ao Design;
- Agrupar e sistematizar informações sobre materiais e processos de fabricação disponíveis no mercado nacional, bem como, seus fornecedores;
- Desenvolver e concluir pesquisa de atributos de associação cognitiva e percepção de materiais e processos de fabricação em produtos industriais;



- Desenvolver Arquitetura de Informação para ambos meios do sistema (material e digital);
- Desenvolver e implantar um banco de dados para o Sistema Digital de Informações;
- Desenvolver e implantar uma Interface Humano-Computador adequada para o SDI;
- Desenvolver, através das técnicas de InfoDesign, um sistema adequado de disposição, acesso, relacionamento e recuperação de informações e amostras na Materioteca;
- Desenvolver e confeccionar o conjunto de mobiliário para a Materioteca;
- Desenvolver o projeto arquitetônico da Materioteca;
- Fortalecer relações de P,D&I entre as instituições e áreas do conhecimento participantes;
- Fortalecer o desenvolvimento de metodologias de ensino de SMPF para cursos de Design;
- Estreitar relações de transferência de tecnologia; e
- Incrementar o potencial de inovação de indústrias e designers.

A elaboração e execução deste projeto deve contar com a participação de profissionais e pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento: Ciência e Engenharia de Materiais; Ciência da Computação; e o Design, representado tanto na área de Projeto de Produto quanto na de Programação Visual. Tal composição permite o desenvolvimento concomitante de um conjunto de Grupos de Trabalho (GT).



A execução deste projeto, dada sua dimensão e multidisciplinaridade, sugere a decomposição num conjunto de grupos de trabalho, a saber: Amostra de Dados (Coleta); Sistema Digital de Informações (SDI); e Coleção Ordenada de Amostras (Materioteca).

Ao conjunto de grupos de trabalho Coleta caberá a estruturação da busca e geração de informações (textuais e imagéticas), dados e amostras de materiais e processos de fabricação disponíveis no mercado nacional, bem como, o desenvolvimento de estudos no âmbito das metodologias de SMPF necessárias para o Sistema²⁵. O conjunto de grupos SDI será responsável pela Arquitetura da Informação Digital, pelo InfoDesign Digital, pela Interface Humano-Computador (HCI) e pelo Desenvolvimento de Softwares Inteligentes e Banco de Dados. Ao terceiro conjunto caberá desenvolver a Arquitetura da Informação para a Materioteca, o InfoDesign Material, e ao Projeto Arquitetônico e Mobiliário da Materioteca.

Tais conjuntos e grupos de trabalho apresentam-se na figura 37, onde é possível observar as relações de interdependência e de concomitância de execução das atividades. Deve-se notar que todos os conjuntos são igualmente responsáveis pelo sucesso do trabalho, com a implantação final do sistema completo.

Cada grupo de trabalho foi estruturado de forma a facilitar o processo de troca de informações entre os grupos e entre as instituições. Todos devem possuir, na orientação dos trabalhos, ao menos um pesquisador de outro grupo, bem como, um conjunto de alunos de graduação envolvidos com o projeto.

O projeto, como gerador de um núcleo de informações, permitirá futuras expansões e novos projetos de pesquisa através das ramificações do sistema

²⁵ Tais podem, por exemplo, incluir suportes de comunicação como as animações sugeridas por KINDLEIN (*op. cit.*), os estudos acerca da influência dos materiais e processos de fabricação na percepção de produtos iniciado por WALTER & SILVA (2006) e o desenvolvimento de glossários como no trabalho iniciado por WALTER & PÉRIGO (2006).



para grupos de materiais e/ou setores de aplicação como, por exemplo, materiais sustentáveis; ou materiais têxteis; ou materiais para indústria do mobiliário; entre outros. Assim, a constante geração de conhecimentos e transferência de tecnologia entre o grupo de pesquisa gerado e a rede de fornecedores e usuários viabilizará a manutenção do Sistema.

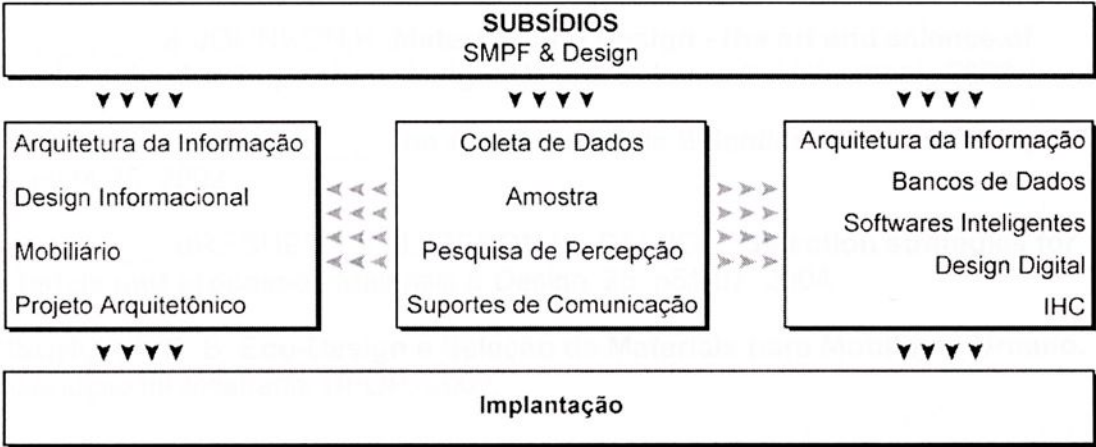


Figura 37: Distribuição dos conjuntos de grupos de trabalho para o desenvolvimento do Sistema de Informações e suas relações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anais do Seminário Materiais & Design, 1997. São Carlos: IBICT/CNPq; Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; Universidade Federal de São Carlos, 1998.

ASHBY, M.F. **The Engineering Properties of Materials.** Acta Metall, 37 (5) 1271, 1989.

Ashby, M.F. **Materials selection in mechanical design** Oxford; New York : Pergamon Press, 1992.

_____ & JOHNSON, K. **Materials and Design - the art and science of material selection in product design.** Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002

_____ **The Art of Materials Selection.** Materials Today, V6, 112, pg24-35, 2003.

_____ ; BRÉCHET, Y.J.M.; CEBON, D.; SALVO, L. **Selection strategies for materials and processes** Materials & Design, 25, p51-67, 2004.

ASSUNÇÃO, R. B. **Eco-Design e Seleção de Materiais para Mobiliário Urbano.** Dissertação de Mestrado, UFOP, 2002.

BAXTER, M. **Projeto de Produto.** São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1995.

BONSIEPE, G. **A Tecnologia da Tecnologia.** São Paulo: Edgard Blücher, 1983.

BONSIEPE, Gui. **Design do material ao digital.** Florianópolis. LBDI, 1997.

BRINCK, T.; GERGLE, D.; WOOD, S.D. **Usability for the Web: Designing Web Sites that Work** New York: Morgan Kaufmann, 2001.

CALLISTER Jr., W.D. **Ciência e engenharia de materiais : uma introdução** 5. ed Rio de Janeiro : Livros Técnicos e Científicos, 2002.

CAMARA, J. J. D. ; BOTELHO, R. D. . **Eco-design e Seleção de Materiais, uma ferramenta para o Transportation Design - estudo de processos.** In: III Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto, 2001, Florianópolis. Anais do III Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento do Produto. Florianópolis : Ed. NDIP-CTC/UFSC, 2001. v. Único.

_____ ; SILVA JR, A. C. ; ALMEIDA JR, G. ; MARTINS, J. C. F. ; BOTELHO, R. D. . **Ergonomia no Design Automotivo; a seleção de materiais como paradigma na segurança automotiva.** In: ABERGO 2001 - VI Congresso Latino Americano de Ergonomia/XI Congresso Brasileiro/III Encontro África-Brasil/III Fórum Sul Brasileiro de Ergonomia, 2001, Gramado, RS. CD-Rom com os anais do ABERGO 2001. Porto Alegre : ABERGO/UFRGS/PPGEP, 2001. v. Único.

_____ ; MARTINS, J. C. F. ; ALMEIDA JR, G. ; BOTELHO, R. D. . **Eco-Design e Seleção de Materiais no Setor Automotivo.** In: P & D Design 2002 - I



congresso Brasileiro de Pesquisa em Design/V Congresso Brasileiro de pesquisa e Desenvolvimento em Design, 2002, Brasília. Anais do P & D design 2002 - I Congresso Internacional de Pesquisa em Design/V Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em design. Rio de Janeiro : ANPED, 2002. v. Único.

CHARLES,J.A.; CRANE,F.A.A.; FURNESS,J.A.G. **Selection and use of engineering materials**. 3ª ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001.

COHEN, M. **Materials and Man's Needs** Summary Report of the Committee on the Survey of Materials Science and Engineering, Washington: National Academy of Science, 1974.

_____. **Materials and Man's Needs** National Academies Press, Washington, 1973. Tradução para língua portuguesa em COHEN, M. (Ed.) **Ciência e Engenharia de Materiais: Sua Evolução, Prática e Perspectivas**; Vols. 1 e 2; 3ª Edição, tradução de J.R.G. da Silva; Gráfica da UFSCar, São Carlos, 1989.

COUTINHO,L.G. & RANGEL,A.S. **Estudo da competitividade da indústria brasileira de móveis de madeira**. Campinas: ABIMÓVEL, 1993.

CROSBY,P.B. **Eternally successful organization : the art of corporate wellness** New York: Plume, 1990.

DENIS, R.C. **Uma introdução à história do design**. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

_____. (org) **O Design Brasileiro antes do design**. São Paulo: COSAC NAIFY, 2005

DRUCKER,P.F. **The unseen revolution** New York: Harper & Row, 1976.

EDWARD'S,B. **Desenhando com o lado direito do cérebro** . Rio de Janeiro: Tecnoprint, 1989.

ESTRADA,M.H. **Ping Pong Milanês** ARCDDESIGN n25, p58, 2002.

ETCHEPARE,H.; HAUENSTEIN,D.M.; PEREIRA,C.A.; SILVA,E.A.; CASSEL,G.P.; KINDLEIN JÚNIOR,W. **Implementação de uma Biblioteca de Materiais no Estado do Rio Grande do Sul**. Revista Tecnologia e Tendências, Novo Hamburgo - Feevale, v. 1, n. junho 2002, p. 65-71, 2002.

EVBUOMWAN,N.F.O.; SIVALOGANATHAN,S.; JEBB,A. **Concurrent Materials and Manufacturing Process Selection in Design Function Deployment**. Concurrent Engineering: Research and Applications, 3, p135-144, 1995.

_____.; 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.

_____. **Seleção de Materiais**. 2Ed, São Carlos: EDUFSCar, 2002.



FERRAZ, G.B. **Semiótica do Produto Aplicada à Seleção de Materiais e Processos de Fabricação**. Projeto de pesquisa, Universidade Norte do Paraná, 2005.

FERROLI, P.C.M. **MAEM-6F (Método auxiliar para escolha de materiais em seis fatores): suporte ao design de produtos industriais**. Tese de Doutorado, UFSC, 2004.

GORZ, A. **Crítica da divisão do trabalho**. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

GRUNOW, E. **PROJETODESIGN** Ed. 304, Rio de Janeiro, 2005.

KAPLAN, A. **A conduta na pesquisa**. São Paulo: EDUSP, 1980.

KEPES, G. **Module, Proportion, Symettrié, Rytme**. Bruxelles. La Connaissance, 1968.

KINDLEIN JÚNIOR, W.; AMARAL, E.; ETCHEPARE, H. **Design X Engenharia: Experiência Interdisciplinar de Graduação**. In: P & D Design 2000, 2000, Novo Hamburgo. Anais do P&D 2000, 2000. v. I. p. 0423-0428.

_____; WOLFF, F. **Núcleo de Design e Seleção de Materiais: Implementação e Consolidação**. In: P & D Design 2000, 2000, Novo Hamburgo RS. P & D Design 2000, 2000. v. II. p. 0903-0908.

_____; ETCHEPARE, H.; RAVAZOLO, R.F.; SILVA, F.P. **Desenvolvimento de uma Interface Amigável via Internet: Materiais e Processos de Fabricação para o Design de Produto**. In: P & D - Design 2002, 2002, Brasília. Publicado nos Anais e em CD Room ISBN 85-89289-01. Rio de Janeiro : AEND BR, 2002.

_____; SILVA, F.P.; ETCHEPARE, H.; BORRÉ, R.M. **Desenvolvimento de Uma Interface Multimídia de Fácil Entendimento para o Aprendizado dos Processos Produtivos**. In: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2002, Curitiba. Anais do XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2002.

_____; ARMAND, N. **Conception de produits innovants: proposition d'une méthode pour favoriser la synergie entre le designer et l'ingénieur**. Ijodir International Journal Of Design And Innovation Research, França, 2005.

KOTLER, P. **Administração de marketing : a edição do novo milênio** 10. ed, São Paulo: Prentice Hall, 2004.

KROES, P **Design Methodology and the nature of technical artifacts**. Design Studies, 23, p287-302, 2002.

KRUG, S. **Não me faça pensar** São Paulo: Market Books, 2001.

KUNZLER, L.S.Q.; CHYTRY, S.; KINDLEIN JÚNIOR, W. **Percepção Tátil: um valor importante na seleção de materiais para o design de novos produtos**. Revista Estudos em Design, 2002.



LJUNBERG, L.Y. & EDWARDS, K.L. **Design, materials selection and marketing of successful products.** Materials & Design, 24, p519-529, 2003.

LOBACH, B. **Design Industrial.** São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2001.

LOVATT, A. M. & SHERCLIFF, H. R. **Manufacturing process selection in engineering design.** Part 1: the role of process selection. Materials & Design, 19, p205-215, 1998.

MALDONADO, T. **Vanguardia y Racionalidad.** Barcelona: Gustavo Gili, 1977.

_____. **Design Industrial.** Lisboa: Edições 70, 1991.

MANZINI, E. **The material of invention.** Cambridge: MIT Press, 1989.

_____; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais** São Paulo: Edusp, 2002.

MARAR, J.F. **Inteligência Artificial aplica à Seleção de Materiais.** Projeto de pesquisa, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2005.

MAZZINI, A.; & SILVA, W.A. **VÉRTICE** nº 01 São Paulo: Mackenzie, 2001.

MIJKSENARR, P. **Visual Function: An Introduction to Information Design.** New York: Princeton Architectural Press, 1997.

MORAES, D. **Limites do design.** São Paulo : Studio Nobel, 1999.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro.** 4Ed, São Paulo: Cortez, 2001.

MUNARI, B. **Das Coisas Nascem Coisas.** Lisboa: Martins Fontes, 1981.

NIEMEYER, L. **Elementos de semiótica aplicados ao design** Editora 2AB: Rio de Janeiro, 2003.

_____. **Design no Brasil: origens e instalação.** Rio de Janeiro. 2AB Editora Ltda., 1998.

PAHL, G. & BEITZ, W. **Engineering design : a systematic approach** 2nd ed London: Springer, 1996.

PAPANEK, V.J. **Diseñar para el mundo real: ecología humana y cambio social** 1. ed. Madrid: H. Blume Ediciones, 1977.

PASMAN, G. **Designing with precedents** Tese de Doutorado, TUDelft, 2003.

PETERS, T. **Prosperando no caos** São Paulo: Harbra, 1989.

PUGH, S. **Total design: integrated methods for successful product engineering** Workingham: Addison-Wesley, 1995.



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.

RATTNNER,H. **Tecnologia e Sociedade** São Paulo: Brasiliense, 1980.

REIS, A.A. **Design e matéria: uma fronteira que nunca existiu.** ABC Design, Curitiba - PR, v. 2, p. 12-16, 2002.

_____. **Matéria, Forma e Função: a influência material no design industrial.** Tese de Doutorado, UFSC, 2003.

RODGERS,P.A. & HUXOR,A.P. **The role of artificial intelligence as text within design.** Design Studies, 19, p143-160, 1998.

ROSENFELD,L. & MORVILLE,P. **Information Architecture for the World Wide Web: Designing Large-Scale Web Sites** 2ed, New York: O' Really Media, 2002.

SANT'ANNA, J.A.P. **Seleção de Materiais poliméricos com aplicação em design** Projeto de mestrado, Escola Politécnica da USP, 2005.

SANTOS, M. **Por uma outra globalização.** Rio de Janeiro. Editora Record, 2003.

SANTOS, M.C.L. **Repensando a pesquisa e a pós-graduação em design.** CNPq, 2002.

SAPUAN, S. M. **A knowledge-based system for materials selection in mechanical engineering design.** Materials & Design, 22, p687-695, 2001.

SHACKELFORD,J.F. **Introduction to materials science for engineers** 4th ed Upper Saddle River: Prentice Hall, 1996.

SMITH,C.O. **The science of engineering materials** Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1969.

SILVA, J.R.G. **A Ciência e Engenharia de Materiais** Ciência e Cultura, 38(1), 93-99; SBPC, 1986.

SILVA,E.S.A. **A Seleção de Materiais na inovação de desenvolvimento de novos produtos** Especialização, UFRGS, 2001.

_____; ETCHEPARE, H. D. ; PEREIRA, Caroline ; BISSICO, Gelson Luis ; KIRSTEN, M. D. P. ; HENNEMANN, Helena ; SPERB, Valeska . **Implantação de uma Biblioteca de Materiais - Materioteca - no Centro Universitário Feevale.** In: 6º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 2004, São Paulo. P&D Design 2004, 2004.

SPOLADORE,R.B. **Gestão Informacional em Sistemas Inteligentes de Seleção de Materiais.** Projeto de Pesquisa, Universidade Norte do Paraná, 2005

TOMASI,R & BOTTA,W. **Uma proposta para reformulação do currículo do curso de graduação em engenharia de Materiais.** Seminário sobre Ensino de Metalurgia e



Materiais, São Paulo: Associação Brasileira de Metais, 1991.

VAN BEZOOYEN, A. **Material Explorer: material selection support tool for designers**. Trabalho de Graduação, TUDelft: 2002.

WALTER, Y. ; MARAR, J. F. **Desenho Industrial e Divisão do Trabalho: breve histórico e implicações para a atualidade**. In: Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 2004, São Paulo. Anais do Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 2004.

_____; & SILVA, B.M. da **Seleção de Materiais através de atributos de percepção em produtos: estudo de casos em periódicos nacionais**. Projeto de pesquisa, Universidade Norte do Paraná, 2005.

_____; & PÉRIGO, A.M. da R. **Glossário como suporte na comunicação entre designers e engenheiros**. Projeto de Pesquisa, Universidade Norte do Paraná, 2005.

ZANLUCHI, F.B. **O brincar e o criar: as relações entre atividade lúdica, desenvolvimento da criatividade e educação** Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Maringá, 2005.



0810001533

