

Seleção de Materiais no Design: Informações Necessárias ao Designer na Tomada de Decisão para a Conceituação do Produto

D. Barauna^{a,b}, D. L. Razera^b, A. Heemann^b

^adeborabaraua1@gmail.com

^bPrograma de Pós-Graduação em Design, Setor de Artes, Comunicação e Design, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil

Resumo

Este artigo visou contribuir com os estudos de pesquisa e desenvolvimento na interface "design e materiais". O objetivo do trabalho foi conhecer o estado da arte das informações necessárias ao designer para a tomada de decisão na seleção de materiais em fases iniciais de projetos de produto. O método de pesquisa aplicado foi o roteiro "RBS Roadmap". Tal método descreve fases e etapas para a prática da Revisão Bibliográfica Sistemática. Os resultados obtidos foram a elaboração de modelo teórico e identificação de autores especialistas na área. De modo geral, as pesquisas relatadas no estudo apontaram que as informações de materiais necessárias ao designer configuram-se para além das características técnicas e funcionais. Valores intangíveis que os materiais transmitem para a designação de atributos de produtos foram destacados, tais como associativos, estéticos, emocionais e percebidos. Assim, questões como experiências passadas, personalidade, cultura, ciclo de vida, moda e tendência compõem este quadro. Por fim, a discussão do estudo enfatizou que os pesquisadores têm problematizado a importância das informações de materiais necessárias ao designer. No entanto, ponderou-se que ainda existem lacunas de métodos que adotem essas informações em fases estratégicas, de conceituação do produto, bem como a necessidade de torná-las disponíveis de modo sistêmico.

Palavras-chave: Seleção de materiais, Informações, Design de produto, Conceituação, Atributos do produto.

Materials Selection in Design: Information Needs for the Designer in Decision Making for Product Concept

Abstract

This article aims to contribute to the research and development studies at interface "design and materials". The objective of the work was to know the state of the art of the information of materials necessary at the designer to decision making in the selection of materials in the early stages of product design. The research method used was the "RBS Roadmap", that describing phases and steps to the practice of the Bibliographic Systematic Review. The results obtained were the theoretical model and the identification of expert researchers. In general, the results pointed to beyond of technical and functional characteristics of the materials. It were highlighted the intangibles values that materials transmit for the attributes of products such as associative, aesthetic, emotional and perceived. Thus, issues such as past experiences, personality, culture, life cycle, fashion and trend make up this framework. Finally, the discussion of the study emphasizes that researchers have questioned the importance of the information of materials necessary for the designer. However, we consider that there are still gaps of methods that take such information in strategic phases of product concept, as well as the need to make them available so systemic.

Keywords: Materials selection, Information, Product design, Concept, Product attributes.

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço da industrialização tornou-se proeminente a busca por iniciativas para minimizar os impactos negativos gerados pelo homem e o seu modo de vida ao meio ambiente, como a poluição em grandes centros urbanos, o êxodo rural, o consumo em massa, a geração de resíduos e a extração desordenada dos recursos naturais não-renováveis.

No binômio "design e materiais" tem-se observado o surgimento de múltiplas abordagens voltadas para este contexto. No campo do design de produto, os questionamentos centram-se nas demandas de materiais,

processos, produtos e serviços que tenham na sua concepção aspectos que contribuam para isto, tais como:

- desenvolvimento de produtos úteis;
- uso de materiais provenientes de recursos naturais renováveis;
- substituição de matérias-primas agressivas ao homem e ao meio ambiente;
- materiais passíveis de reciclagem;
- aumento da vida útil do produto;

- integração de produto-serviço (PSS);
- valorização das peculiaridades locais;
- agregação de valor ao usuário e ao ambiente.

Também devem ser considerados a adoção de processos de fabricação que atendam a produção mais limpa (P+L), consumindo menos matérias-primas e insumos e não gerando resíduos e efluentes para descarte.

Na interface pesquisa e desenvolvimento (P&D), a problematização de questões ambientais e a promoção de ações dessas proporções têm exigido um modo de atuação multidisciplinar e interdisciplinar dos designers e demais profissionais de áreas do conhecimento correlatas com os problemas, como a engenharia, química, física, biologia, economia, antropologia entre outras.

Dentro desta perspectiva, destaca-se o Grupo de Pesquisa em Materiais Poliméricos da Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE), formado por engenheiros, biólogos, químicos e designers. Alguns objetivos do Grupo, nos últimos anos, voltaram-se para (i) o desenvolvimento de materiais avançados, como compósitos de matriz polimérica biodegradáveis com incorporação de resíduos agroindustriais e industriais e (ii) a geração de produtos com alto valor agregado e com características locais por meio do ecodesign. Assim, designers passaram a colaborar com o Grupo, assumindo co-responsabilidade nos estudos para o desenvolvimento de novos materiais e para a geração de valor na aplicação desses em produtos, por meio da identificação de demandas ambientais, sociais e econômicas.

Neste processo, uma das ferramentas empregadas pelo Grupo é o método para sistema produto e serviço (MePSS) indicado por Halen, Vezzoli e Wimmer [9]. O modelo MePSS visa dar suporte na tomada de decisão quanto à criação de novas oportunidades de produtos e/ou serviços. Esse modelo permite o uso de novas abordagens sobre a criação de valor, contexto social e visões estratégicas de industrialização. A aplicação da ferramenta estimula o pensamento criativo e a colaboração das partes interessadas no processo de design. No decorrer das fases propostas pelo método é possível identificar os atributos do produto e/ou serviço para a sua conceituação e avaliar os possíveis impactos de inovação sobre as dimensões sociais, ambientais e econômicas [17].

Ashby e Johnson [2] argumentam que as informações geradas pela observação e percepção são essenciais para o processamento do pensamento criativo nas fases de conceituação do design. O designer quando obtém as informações sobre os materiais no início do processo do projeto de produto, pode processá-las pelo raciocínio visual e imaginá-las como atributos de produto.

Desta maneira, a atividade de seleção de materiais (SM) no design assume nível estratégico de atuação quanto à conceituação do produto. No entanto, para isto torna-se proeminente o questionamento de quais são as informações de materiais necessárias ao designer, para a adequada tomada de decisão na SM em fases iniciais do design de produto.

Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi conhecer o estado da arte, em publicações do *International Journal Materials & Design*, quanto às informações que os materiais possuem (técnicas e funcionais) e os valores intangíveis que esses transmitem. Por conseguinte, o artigo visou colaborar com a atuação em P&D no binômio "design e materiais".

2. MÉTODOS

O método adotado para o levantamento do estado da arte proposto foi o roteiro apresentado por Conforto, Amaral e Silva (2009), que descreve fases e etapas para a prática da

Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS), chamado pelos autores de RBS *Roadmap*.

O RBS *Roadmap*, de acordo com os autores, possui 15 etapas distribuídas em 3 fases (Entrada, Processamento e Saída). A Figura 1 ilustra essas fases e etapas.

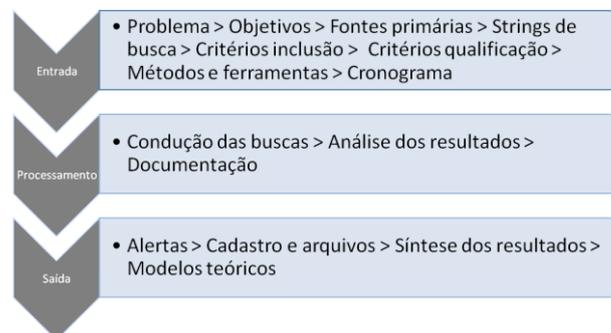


Figura 1: Fases e etapas do roteiro RBS *Roadmap* [5].

Neste estudo, a aplicação do modelo RBS *Roadmap* foi respeitada em suas fases, mas simplificada quanto às suas etapas, por se tratar de uma RBS preliminar.

De acordo com o RBS *Roadmap*, inicialmente, definiu-se o problema de pesquisa e o objetivo a ser alcançado, já descritos na seção 1 deste artigo. Em seguida foi utilizado o Portal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Ensino Superior (CAPES) para identificação de demais fontes primárias para a RBS, além do uso de Ashby e Johnson [2] como base norteadora para o estudo.

Na sequência foram definidos os filtros (*strings*) de busca, que se referem às palavras-chaves e aos termos de pesquisa relacionados com o tema do trabalho, bem como aos demais critérios, a saber:

- busca por área do conhecimento, periódico, título, assunto ou autor;
- uso de operadores booleanos;
- cruzamento de termos de pesquisa.

Os filtros ainda podem passar por refinamento, considerando corte temporal das publicações, tipo de publicação, publicações revisadas por pares, idiomas das publicações, exclusão de publicações por tópicos destacados entre outros.

O Quadro 1 demonstra o primeiro filtro de busca utilizado neste trabalho. Este correspondeu à primeira entrada de dados para RBS e teve como finalidade conhecer as bases de pesquisa e os periódicos com maior concentração de resultados sobre o assunto proposto.

Quadro 1: Primeiro filtro de busca utilizado na RBS.

1º Filtros de Busca	Dados
Pesquisa em:	01/11/2014
Fonte Primária:	Portal da Capes
Busca em:	Assunto
Tipo de Busca:	Avançada
Termos:	"Product design"; "Materials selection"
Operadores Booleanos:	"no assunto"; "Contém"
Uso dos Termos:	Combinados
Refinamentos:	Idioma: Inglês
	Tipo de Publicação: Artigos
	Período das Publicações: 2001 a 2015
Período destacado:	"Materials & Design"

Como pode ser observado no Quadro 1, a pesquisa ocorreu pela busca por assunto, com consulta simultânea em várias coleções de dados disponíveis no Portal da CAPES. Foi

também utilizado o modo avançado de pesquisa para a inserção de dois termos de busca ["*product design*"; "*materials selection*"], a escolha do campo de pesquisa [assunto] e a combinação dos termos de busca por operadores booleanos [contém].

Os termos de pesquisa utilizados foram selecionados por serem relevantes ao tema do estudo, abrangentes e limitantes ao mesmo tempo, quando se pondera que a SM é um procedimento utilizado não apenas pela área do design.

Partindo dos filtros empregados foi possível destacar as bases de dados e os periódicos que apresentaram maior quantidade de resultados quanto aos termos de busca. Os periódicos foram qualificados segundo a sua classificação Qualis, pelo Comitê da área de arquitetura, urbanismo e design da CAPES. O Qualis é um conjunto de procedimentos aplicado para estratificação da qualidade da produção intelectual dos programas de pós-graduação brasileiros [3].

Sendo numerosos os resultados, para este artigo delimitou-se como fonte primária de busca o periódico "*Materials & Design*". Esse se destacou nos filtros utilizados e faz referência ao binômio em questão. Assim, a base de dados "*Science Direct*" foi o instrumento de pesquisa usado para acessar os volumes do periódico selecionado e para aplicar o segundo conjunto de filtros de busca (Quadro 2) proposto no estudo. O *Science Direct* é um serviço digital fornecido pela editora Elsevier, igualmente como o periódico *Material & Design* (ISSN: 0261-3069). Este possui fator de impacto 3.219 na média dos últimos 5 anos e classificação Qualis B1 na área de arquitetura, urbanismo e design da CAPES. Atualmente, o periódico conta com 67 volumes publicados desde 1978, sendo 46 do período de 2001 a 2015 [21].

Quadro 2: Segundo filtro de busca utilizados na RBS.

2º Filtros de Busca	Dados
Busca em:	01/11/2014
Fonte Primária:	<i>Science Direct</i>
Tipo de Busca:	Simplificada
Termos de Busca:	<i>In Search all fields "materials selection" AND "product design"</i>
Operador Booleanos:	"AND"
Periódico:	<i>In Journal or book title "materials & Design"</i>
Encontrados:	151 trabalhos
1º Refinamento:	Tipo de Publicação: Artigos Período das Publicações: 2001 a 2015
Resultado 1º Ref.:	108 artigos
2º Refinamento:	Tópicos não Incluídos: <i>bumper beam; impulse turbine; turbine blade</i>
Resultado 2º Ref.:	64 artigos

Para os trabalhos encontrados, pelo filtro de busca indicado no Quadro 2, delimitou-se como critério para inclusão no estudo aqueles trabalhos que apresentaram conteúdos referentes às informações de materiais no processo de design de produto.

Para isto, foram utilizados os seguintes filtros de leituras:

- primeiro do título, resumo e palavras-chave;
- segundo da introdução e conclusão;
- terceiro do texto completo.

Estes filtros foram sugeridos por Conforto, Amaral e Silva [5] no modelo RBS *Rodmap*, conforme mostra a Figura 2.

Critérios de qualificação dos trabalhos foram estabelecidos quanto à relevância dos conteúdos apresentados em relação ao tema proposto. Para isto, foram utilizadas representações gráficas e simbólicas (pictogramas) como indicadores de classificação dos artigos (Figura 3).

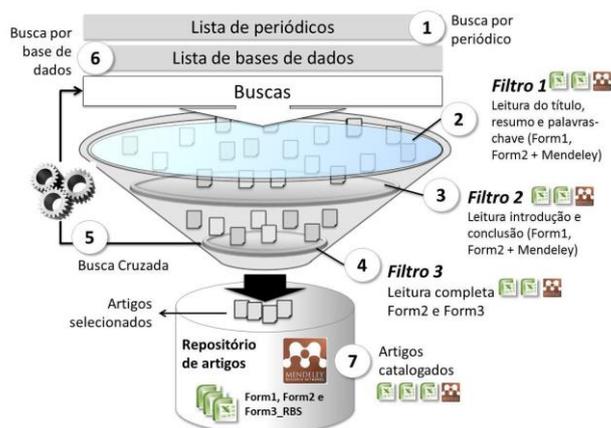


Figura 2: Filtros de leituras sugeridos [5].

Foram classificados com a expressão "muito feliz" aqueles artigos incluídos na RBS. Estes apresentaram, em 3 filtros de leitura, conteúdos referentes às informações de materiais necessárias ao designer para a definição de atributos de produtos.

Com o indicador "feliz" foram classificados aqueles artigos que demonstraram indícios para inclusão no estudo passando do 1º para o 2º filtro de leitura.

Os artigos indicados com "dúvida" foram aqueles que apresentaram indícios de informações sobre os materiais, mas que não deixaram claro, somente pelo 1º filtro de leitura, se essas informações se relacionavam com o design de produto, passando assim para o 2º filtro de leitura para análise.

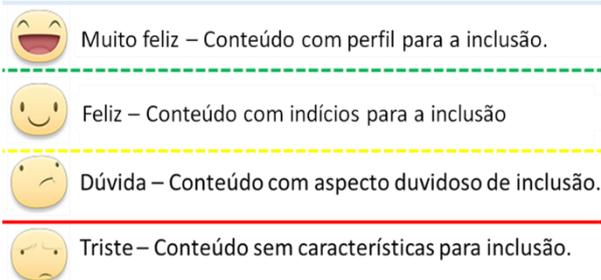


Figura 3 – Indicadores para sequência ou não dos filtros de leituras.

A última expressão "triste" apontou os trabalhos que deveriam ser excluídos da RBS, não prosseguindo assim para os próximos filtros de leitura. O conteúdo de tais trabalhos, em sua maioria, era voltado para os métodos de SM na engenharia de produtos.

Do total de 64 artigos encontrados, 52 artigos foram excluídos da RBS após o 1º e 2º filtro e 12 artigos foram incluídos na RBS. Estes foram avaliados em profundidade no 3º filtro de leitura.

Por fim, planilhas em Excel foram empregadas como ferramentas de apoio para registro e tratamento dos dados encontrados pelos filtros de busca, tais como ano, títulos, autores, palavras-chaves e confirmação dos filtros de leitura realizados. Isto resultou no conjunto final de artigos incluídos no estudo e também possibilitou constatar a quantidade desses por ano e por autor(es). O aplicativo *Mendeley Desktop*, versão 1.8.4, disponível para *download online*, também foi usado para gerenciamento dos arquivos, fichamento dos trabalhos incluídos e posterior análise crítica.

3. RESULTADOS

Os resultados da RBS apontaram que as maiores concentrações de artigos incluídos no estudo foram

publicados entre o período de 2008 em diante (Quadro 3), sugerindo que o tema ainda é relativamente novo e com tendência à expansão nos próximos anos. Antes de 2008, destaca-se o autor Ljungberg, com trabalhos que abordam questões de informações de materiais para além das questões técnicas e funcionais.

Quadro 3: Artigos inclusos no estudo pela RBS.

Ano	Autores
2002	Edwards [7]
2003	Ljungberg [14]
2003	Ljungberg e Edward [15]
2007	Ljungberg [16]
2008	Karana, Hekkert e kandachar [10]
2008	Van Kesteren [22]
2009	Karana, Hekkert e kandachar [11]
2010	Cicek, Celik e Topue [4]
2010	Karana, Hekkert e kandachar [12]
2010	Ramalhete, Senos, Aguiar [19]
2011	Edwards [8]
2012	Albinãna e Vila [1]

Além de Ashby e Johnson, os pesquisadores identificados na RBS como especialistas na área do estudo foram: Edwards, Hekkert, Kandachar, Karana e Ljungberg. Houve destaque para Karana e seus colaboradores nos conteúdos de significados e experiência dos materiais. Para esses autores incluiu-se, para discussão no estudo, mais um artigo [3], publicado no *International Journal of Design*. Edwards apresenta visão mais voltada para a engenharia, como questões funcionais e técnicas, embora seus trabalhos contextualizam o campo do design. Já Ljungberg é um pesquisador que transita entre o universo físico e metafísico das informações de materiais, como ele mesmo pondera. Destaca-se também, ainda que não filtrado pela RBS, o pesquisador Kindlein Jr., que tem atuação em pesquisa no binômio "design e materiais" no Brasil. Deste modo, um trabalho do autor, sobre método para o levantamento de significados dos materiais, também foi incluído para a discussão neste estudo [6].

Na continuação dos resultados, a seguir, foi exposta a visão de Ashby e Johnson [2] quanto à importância das informações de materiais serem processadas pelo pensamento criativo ainda nas fases iniciais do design de produto. Por fim, apresentou-se o modelo teórico obtido por meio dos trabalhos incluídos na RBS e, ainda, notas apontadas por Edwards [7] sobre as publicações no periódico *Materials & Design* no período de 1978 a 2010.

3.1 Pensamento criativo por Ashby e Johnson [2]

A linguagem e o pensamento científico e técnico funcionam bem quando ideias podem ser expressas com precisão, mas essas se tornam complicadas de trabalhar quando são imprecisas ou envolvem apreciação subjetiva. Nestes casos, são necessários outros modos de pensar. O pensamento dedutivo é baseado em lógica e análise. No entanto, no design depende-se também do pensamento indutivo, ou seja, da síntese extraída de experiência prévia.

O pensamento criativo utiliza elementos de imagens, tanto lembradas como imaginadas para propor soluções por síntese. O processamento da criatividade ocorre pelo raciocínio visual e é alimentado pela observação e percepção. Este modo de pensar "permite maiores avanços conceituais por meio da livre associação" (p.31). Na mente dos designers emerge uma confusão de ideias não associadas a um caminho sistêmico e único para solução. O *Brainstorming*, por exemplo, é uma ferramenta de criatividade que se aplica para estimular

uma tempestade cerebral ou nuvens de ideias. Este necessariamente não envolve análise apenas o uso da imaginação (Figura 4).

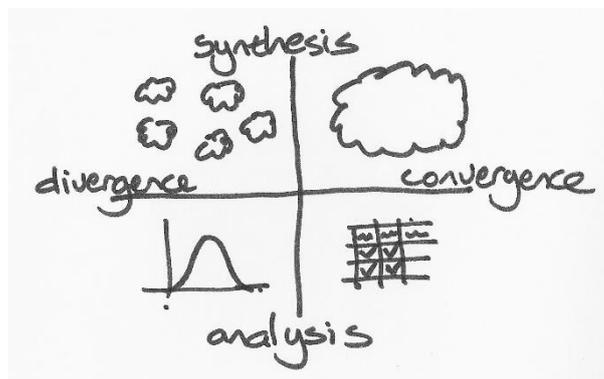


Figura 4: Diferenciação do pensamento dedutivo e indutivo [20].

De forma análoga funciona o processo de construção de Mapas Mentais (Figura 5).

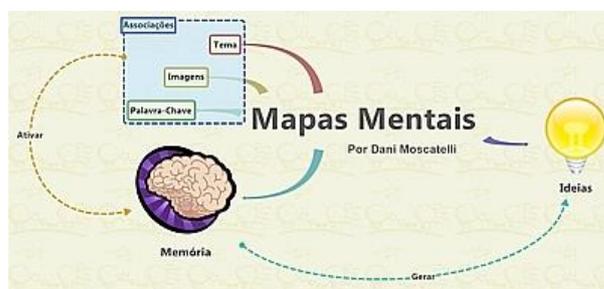


Figura 5: Processo de construção de Mapas Mentais [18].

No processo de design de produto poucas ideias parecem ser genuinamente inovadoras. Em grande maioria são adaptativas. Designers aproveitam conceitos existentes e utilizam os avanços tecnológicos e a interação com os usuários para incrementar soluções. O designer, por meio desses, procura capturar e manter variadas ideias e percepções de materiais, formas, texturas e cores. Isso envolve o aproveitamento de memórias ou imagens combinadas para a formação de atributos de produto, conceituação da ideia e condução da solução.

No passado a pesquisa de materiais foi predominantemente motivada por aplicações militares e aeroespaciais. Na atualidade, por outro lado, parece que a aplicação é mais dirigida por demandas de mercado e do usuário. Isto provavelmente se deve a significativa influência do designer nesse processo. O design geralmente considera o objetivo de encontrar soluções que sejam significativas para as pessoas, promovendo novas experiências e inspirando impacto positivo na sociedade e na vida cotidiana.

Assim, de modo geral, as fases do processo de design de produto compreendem a identificação de uma demanda ou necessidade, à conceituação da ideia, ao desenvolvimento e à especificação da solução encontrada. Nas fases iniciais da projeção de design atributos do produto devem ser levantados para a geração de ideias e conceituação da solução em atendimento à demanda especificada. Já na fase final deve ser apresentado o detalhamento da solução ou a personificação da ideia.

A fase de conceituação do design de produto tem implicações para a configuração global do projeto. No entanto, decisões de materiais são, corriqueiramente, não apontadas nessa fase. As informações de materiais são requisitadas

somente da fase de desenvolvimento em diante. Os autores reforçam que “o designer precisa de informações sobre materiais em cada estágio do projeto” (p. 34).

A origem das informações de materiais necessárias nas fases iniciais do projeto de produto é bem diferente daquelas processadas no meio ou no fim da projeção, considerando amplitude e precisão. No início do processo de design informações amplas sobre materiais são necessárias e na medida que caminha para o fim estas informações tornam-se específicas.

Diversos autores encontrados na RBS realizada argumentam sobre a importância do designer conhecer e ponderar as informações de materiais já nas fases iniciais do projeto. Esses discutem o universo de informações de materiais no design de produto. Assim, na seqüência deste documento apresentam-se os estudos realizados por tais autores, por meio de divisão temporal das publicações.

3.2 Informações de materiais necessárias ao designer

Os trabalhos publicados no período de 2001 a 2007 já argumentavam que a falta de informações de um determinado material e/ou a pouca experiência do designer dificultavam a tomada de decisão na SM [14,15,16].

Esses trabalhos ponderam que a SM pode ser feita de diversas formas, mas o objetivo dos fatores para a tomada de decisão é semelhante, ou seja, visa-se otimizar um produto quanto aos seguintes aspectos, por exemplo: métodos de produção; demanda funcional ou estrutural; demandas de mercado ou usuário; design; preço; impacto ambiental e tempo de vida.

Os autores dos estudos reforçam ainda que ao escolher um material para o desenvolvimento de um produto é necessário olhar para fora, analisar aspectos externos como demandas, tendências, moda, consumo, reputação e cultura. Assim, tem-se que a SM também é resultante de razões chamadas pelos autores de metafísicas. Para tanto, estes propõe a divisão do projeto de produto em duas partes, tais como o desenvolvimento físico e o metafísico, e explicam:

1. O desenvolvimento físico é a maneira mais material e tradicional para desenvolver um produto. Nesse assume-se que o produto deve apresentar propriedades para atender às funções e aos objetivos propostos.
2. Enquanto, o valor metafísico de um produto está relacionado com o universo imaterial e em como a imaginação, o conhecimento e as experiências são preconcebidas e atribuídas ao produto.

Ljungberg e Edwards [15] relatam que o designer deve reconhecer os aspectos metafísicos do material para projetar produtos que possam ser bem-sucedidos no mercado e exemplificam: Casas de madeira são bastante populares na Escandinávia, mas, em países mediterrâneos a madeira é muito rara e cara, sendo vista como uma opção de luxo. Assim, a oferta e demanda também são fatores de valor metafísico bem como o custo real do material.

Nos estudos encontrados entre o período de 2008 a 2013 demais autores retomam o discurso dos valores metafísicos do material para a atribuição de conceito ao produto. No entanto, esses valores aparecem nomeados por diferentes outros termos e assumem classificação por tipo de atributos do produto.

3.2.1 Atributos do produto

Os pesquisadores Ashby e Johnson foram os primeiros autores que mencionaram a importância das informações de materiais para a adequada seleção quanto à conceituação dos atributos

do produto [10]. Mais precisamente, foi em 2002, quando esses publicaram o livro "*Materials and design: the art and science of material selection in product design*". Em edição mais atual [2], os autores dizem que os materiais no design “desempenham dois papéis sobrepostos, como o de proporcionar funcionalidade técnica e o de criar personalidade ao produto” (p. 5).

No entanto, só recentemente *ASM international* reconheceu que os designers são um público a ser considerado para a comunidade de informação de materiais. Esses admitiram que os designers têm necessidades especiais de informações sobre valores abstratos ou subjetivos dos materiais, além dos técnicos e funcionais [22].

Ashby e Johnson [2] dizem que diferentemente dos atributos técnicos, que são exatos e absolutos, no design diversos atributos do produto dependem de aspectos intangíveis do material. Assim, os autores categorizam os atributos do produto e valores intangíveis dos materiais, respectivamente, da seguinte forma:

- Associativos - correspondem à época, à cultura e à pessoa.
- Estéticos - relacionados com os sentidos (visão, tato, gosto, olfato e audição).
- Percebidos - referem-se à reação a um material ou produto.
- Emocionais - descrevem as sensações que um material ou produto provocam no indivíduo.

Karana, Hekkert e Kandachar [10] também estabeleceram, de modo seqüencial, um quadro (Figura 6) de tipos de informações de materiais por atributos do produto e outros requisitos fundamentais aos designers para a tomada de decisão na SM.

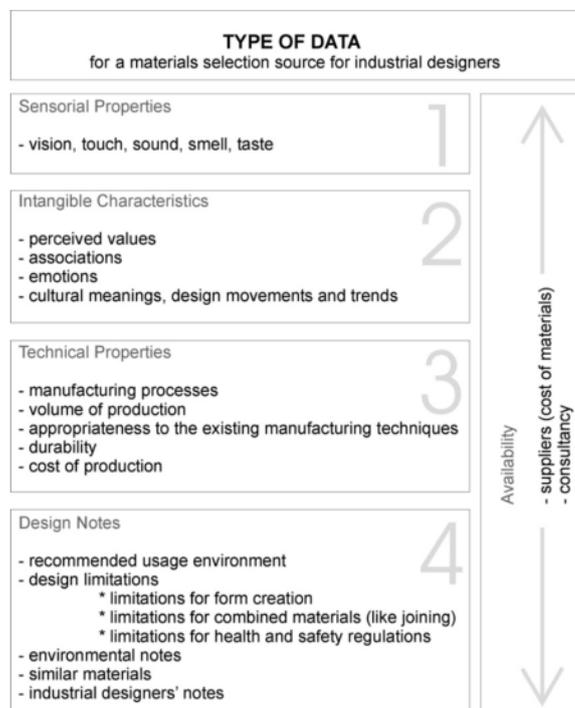


Figura 6: Tipos de informações para SM por designers [10].

Os autores definiram 4 níveis de tipos de informações de materiais para o design de produto, tais como: propriedades sensoriais, características intangíveis, propriedades técnicas e notas de design. Esse último diz respeito às recomendações, às limitações, às questões ambientais, aos materiais similares etc.

O quadro mostra que transversalmente são realizadas avaliações de custo e benefício.

No entanto, não basta saber quais são as informações de materiais necessárias ao designer. É preciso compreender como é possível obtê-las e empregá-las.

Na atualidade, a diversidade de materiais existentes ultrapassa aos 100.000 mil [2]. No passado um determinado material foi predominantemente utilizado em produtos similares em forma e função. No entanto, melhorias em tecnologias de produção e ciência dos materiais têm estimulado novos materiais e formas em design de produtos. Junto com os avanços no domínio dos materiais, tem havido um interesse crescente nos valores intangíveis dos materiais para a conceituação de atributos do produto no design. Com isso, designers e pesquisadores de materiais começaram a se questionar em como usar e levantar os significados que os materiais expressam [2, 10, 19].

3.2.2 Significados dos materiais

Karana e Hekkert [13] dizem que os designers devem entender como um material adquire o seu significado e que tipo de variáveis desempenham um papel nesse processo, para transmitir suas intenções corretamente.

Assim, destaca-se neste tópico o modelo de Karana, Hekkert e Kandachar [12] para a seleção de materiais dirigida por significados. O objetivo dos autores foi propor uma ferramenta aos designers que possuem dificuldades em compreender as relações entre materiais e significados, Figura 7.

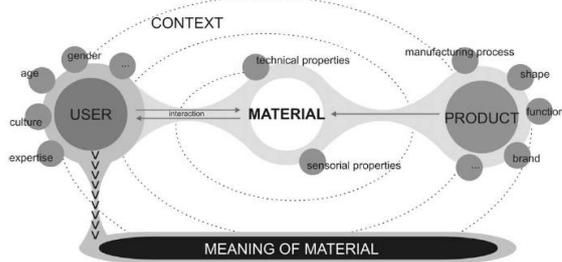


Figura 7: Modelo *Meaning of Material* (MoM) [12]

O modelo *Meaning of Material* (MoM) busca (i) familiarizar os designers com os componentes principais dos significados de materiais, (ii) mostrar quais são os aspectos que desempenham um papel na determinação de significados e (iii) estimular os designers à encontrarem relações entre os aspectos e os significados [12].

Karana e Hekkert [13] têm por hipótese que os usuários interagem de forma distinta com diferentes tipos de produtos e que isso influencia a forma como eles descrevem os materiais de que esses produtos são feitos. Assim, pesquisas e testes de interação com os usuários foram realizadas por esses autores e outros visando demonstrar isto, a saber:

- Em um estudo anterior realizado por esses autores e demais colaborador [10], 20 designers turcos foram entrevistados e convidados a explicar que tipos de aspectos materiais eram significativos para os seus processos de SM. Todos os designers que fizeram parte do estudo enfatizaram que as origens culturais e as experiências passadas de pessoas eram eficazes em seus produtos e preferências de materiais. Nesse observou-se que as pessoas percebem um material como mais valioso que o outro e fazem algumas associações com base em suas origens culturais e experiências passadas.

- Os mesmos autores publicaram um ano após esse estudo outra pesquisa particular sobre as propriedades sensoriais de materiais (aspereza, brilho, transparência etc.) como aspectos eficazes na atribuição de significado para o produto. 25 pessoas foram convidadas para avaliar os materiais de alguns produtos por meio de entrevistas e de preenchimento de formulário contendo uma lista de propriedades sensoriais apresentadas no material e produto em uma escala de cinco pontos. No total 125 produtos foram analisados. As propriedades que foram consideradas eficazes na atribuição de significados pelos materiais foram transparência e lisura. Essas foram especialmente relacionadas com as sensações de dureza e sensoriais [11].
- Dischinger e Kindlein Jr. [6] também abordaram o significado dos materiais, destacando os acabamentos e as superfícies desses como critérios relevantes para estabelecer uma relação entre o usuário e o produto. Para isso adaptaram um método de teste sensorial de alimentos para uma análise de sentido do tato. Inicialmente foi realizada uma medição mecânica dos corpos-de-prova, seguida de uma medição perceptiva (análise descritiva quantitativa) e finalmente uma avaliação afetiva foi realizada com medição de valores subjetivos. Nesse último buscou-se que as pessoas quantificassem suas sensações e emoções. Ao término destas etapas foi traçada uma correlação dos parâmetros medidos com os equipamentos, os percebidos pelo tato e os valores afetivos. Os autores relatam que com os resultados obtidos foi possível demonstrar as preferências afetivas da amostra da população investigada. No entanto, esses enfatizam que a cada novo universo de usuários que se deseja atingir os dados devem ser reavaliados.

Karana e Hekkert [13] corroboram a visão dos autores brasileiros, quando esses afirmam que os significados de materiais em um contexto particular são moldados pelas interações de materiais com aspectos dos produtos e usuários. Em outras palavras, o caráter expressivo ou de significado de um material é baseado nas interações entre um indivíduo, o produto e seu material, o que pode mudar com o tempo.

3.2.3 Formas de obtenção das informações

As fontes de SM existentes, além de pouco considerar as informações dos aspectos intangíveis dos materiais, quando muito, tampouco oferecem uma maneira sistêmica para envolvê-las no processo. Embora, a literatura existente sobre design e materiais enfatizem a importância dessas informações ao designer, mesmo que apresentando-as por diferentes termos. É possível encontrar informações dos valores intangíveis dos materiais, como já foi visto neste instrumento e outros, como valores abstratos e subjetivos, aspectos imateriais, propriedades qualitativas, metafísicas, personalidade material, dimensões pessoais, significados culturais intrínsecos, dimensões subjetivas, características percebidas e valores percebidos [10]. A padronização dos termos facilitaria a obtenção das informações.

Van Kesteren [22] argumenta que para um processo de SM eficiente no design de produto a apresentação e o conteúdo da fonte de informação devem estar de acordo com a linguagem e as necessidades dos designers. Deste modo, o autor buscou conhecer essas necessidades por meio de entrevista com profissionais de design turcos. Quatro necessidades foram encontradas, sendo:

- a necessidade de informações comparáveis,

- as informações relacionadas com problemas de produtos,
- as informações em vários níveis de detalhes
- e as amostras de materiais.

Designers de produto utilizam amostras de materiais para inspiração e comunicação, especialmente em parâmetros não-técnicos. Um problema que muitos entrevistados turcos relataram foi a falta de informações relacionadas com o produto. São de difícil acesso as informações sobre como se comportam os materiais durante todo o tempo de vida do produto ou como materiais selecionados afetam a forma e utilização do produto. No entanto, as necessidades de informações não dependem apenas de métodos de seleção, mas também dos papéis que cada material assume em um produto [22].

Os pesquisadores Ashby e Johnson [2] são exemplo de autores que buscam estreitar as distâncias da linguagem e comunicação na interface design e materiais. Esses visam uma leitura facilitada tanto para designers como engenheiros e demais profissionais da ciência dos materiais. Em suas publicações trazem uma estrutura e estilo literal acessíveis aos designers quanto às informações técnicas e enfatizam as informações intangíveis. Entre os modelos de SM apresentados pelos autores está o método por inspiração, além do por similaridade, síntese e análise. Os pesquisadores relatam que esses métodos podem ser aplicados separadamente, mas são mais eficientes quando utilizados em conjunto.

No entanto, a utilização de tais métodos, como de outros, segundo Albinãna e Vila [1] requer uma atuação multi e interdisciplinar, habilidade para busca de informações e conhecimento sobre o universo de materiais. Com a falta de tais competências, em muitos casos, os materiais são selecionados por meio de "tentativa e erro". O argumento mais amplamente utilizado pelo designer na SM é que o material escolhido já foi usado no passado e que estava na altura das expectativas do projeto. Isto ainda é reflexo do designer basear-se, muitas vezes, somente na sua experiência. O que mostra limitação para o conhecimento de novos materiais.

Para Cicek, Celik e Topue [4] a escolha de um material adequado no processo de design é uma das tarefas críticas em um projeto. A coerência das escolhas é extremamente dependente da relevância de métodos de SM adaptados à natureza dos diferentes casos de aplicação. O método "Apoio à Decisão Integrada" (IDEA) combina seis dimensões de características para a tomada de decisão na SM, a saber:

1. o tipo do problema de decisão;
2. o tamanho do problema;
3. a seleção das técnicas de decisão;
4. a estrutura para a decisão;
5. a necessidade da utilização de importância relativa;
6. a natureza dos valores de desempenho

O modelo IDEA oferece um caminho para os profissionais evitarem tempo excessivo empregado no processo de seleção e falhas possíveis na aplicação dos materiais.

3.3 Materiais e design: notas de Edwards [7]

Uma característica essencial para o sucesso no desenvolvimento de produtos é a criteriosa SM com base no conhecimento sobre as capacidades e oportunidades oferecidas por todos os materiais candidatos.

Assim, o objetivo do periódico *Materials & Design* é promover maior conhecimento e compreensão dos atributos e capacidades de todos os tipos de materiais no contexto de projeto de engenharia e design. O periódico publica uma gama de artigos revisados por pares, incluindo trabalhos completos, comunicações breves, relatórios técnicos e edições especiais. O conteúdo publicado no periódico é amplo e relevante para pesquisadores de materiais, engenheiros e designers da academia e da indústria.

O Gráfico 1 mostra a quantidade de trabalhos publicados de 1978 até 2010 no periódico. Esses foram agrupados por 4 áreas: materiais, processamento, aplicações e design & análise.

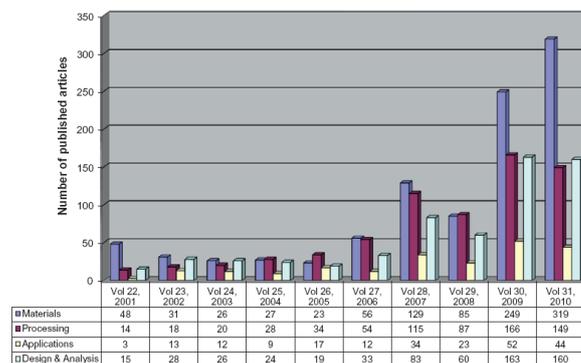


Gráfico 1: Trabalhos publicados no periódico *Materials & Design* por assunto entre 1978 e 2010 [7].

Observa-se que as publicações na área de design e análise aumentaram relativamente no período de 2007 a 2010, o que corrobora com os dados encontrados na RBS realizada. Isto mostra também o amadurecimento do design enquanto ciência e atuação multi e interdisciplinar na interface P&D.

O Gráfico 2 apresenta a distribuição de artigos publicados por país de origem. Para análise dos países baseou-se na localização geográfica. Assim os países foram agrupados da seguinte forma: Grã Bretanha, Europa, Américas, Ásia, África, Austrália e Nova Zelândia e Rússia.

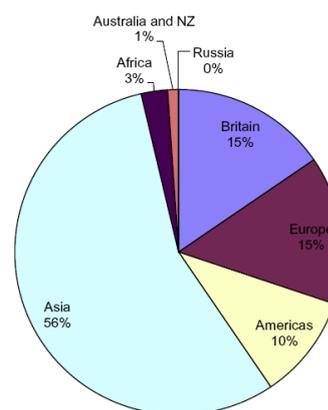


Gráfico 2: Trabalhos publicados no periódico *Materials & Design* por países no entre 1978 e 2010 [7].

Área geográfica da Ásia destacou-se consideravelmente das demais áreas. No entanto, há uma grande variedade de apresentações de trabalhos por diferentes países. Existem cerca de 40 diferentes países representados, com base em autores principais. Na avaliação de 2002 feita por Edward [8], esse número era de 30 países.

Esses dados apresentados pelo autor comprovam que o binômio materiais e design avança em estudos nos últimos anos e demonstram, cada vez mais, a importância da colaboração entre áreas do conhecimento correlatas.

4. DISCUSSÃO

De fato, no meio científico tem se encontrado uma variedade de artigos que discutem os valores imateriais ou intangíveis dos materiais. Assim como, a importância dessas questões para os designers em seus projetos, principalmente na fase de conceituação do produto.

No entanto, os materiais ao considerar suas informações intangíveis assumem significados e transmitem valores distintos para diferentes indivíduos em momentos e contextos variados, conforme se destacou no modelo teórico. Tais valores muitas vezes estão relacionados com experiências passadas ou aspectos culturais, outras vezes com demanda, moda, tendência e ciclo de vida. Deste modo, cabe ao designer buscar meios de conhecer e entender essas variáveis para que a SM possa transmitir intenções corretas de projeto. Neste ponto é que se levanta a discussão de como sistematizar essas variáveis para facilitar a SM, tal como ocorre com as informações técnicas e funcionais. Algumas bases de dados, sistemas ou serviços de SM já têm surgido com a intenção de oferecer uma plataforma para SM que inspire designers. Exemplos dessas são o *Materials ConneXion* e o *MateriO*.

Por fim, com a atual variedade de materiais disponíveis, considerando que o material muitas vezes é visto como a possibilidade de inovação em um produto, seja pela substituição ou pela criação de um novo produto, coloca-se em análise a postura do designer diante do seu modo de atuação quanto à SM. Suas escolhas de materiais muitas vezes são brutas. Essas se baseiam quase sempre na sua experiência, ou seja, por conhecimentos pré-estabelecidos. O designer deve ser ousado para transitar em outros universos de informações de materiais, o que lhe exigiria manter-se atualizado quanto ao campo da ciência dos materiais e design. Corroboram-se com o ponto de vista dos autores que fundamentam este trabalho, Ashby e Johnson [2]. Os autores sugerem que “designers que querem conhecer uma fábrica por dentro, explorar novas tecnologias conversar com cientistas de materiais e fazer perguntas, são os mais bem-sucedidos” (p.169).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que este artigo cumpriu o seu objetivo inicial de esclarecer o estado da arte sobre informações de materiais pertinentes aos designers para a adequada tomada de decisão na SM. Essas informações foram destacadas quanto aos valores intangíveis dos materiais na atribuição de conceito ao produto.

Com isto a fase de conceituação no processo de design de produto foi enfatizada. Considerou-se que nesse momento da projeção o pensamento criativo recebe maior estímulo e é quando estratégias de atuação para as demais fases são definidas.

Referente ao método de pesquisa adotado pondera-se que o RBS *Roadmap*, bem como o gerenciamento dos artigos pelo *Mendeley Desktop*, permitiu a inclusão no estudo de trabalhos de autores especialistas na área.

Com a grande diversidade de materiais existentes e a evolução constante dos estudos de novos materiais destacou-se neste instrumento que o universo científico-técnico:

- reconheceu ao designer a importância da sua capacidade de provedor de inovação e identificador de demandas da sociedade e do mercado.

- trouxe à tona as informações de materiais necessárias ao designer para a personificação de uma ideia. Para essas foi ponderado um contexto de relações de percepção, emoções, estética e de características associativas ao usuário e mercado, como aspectos culturais, experiências passadas, tendência, moda, ciclo de vida e sustentabilidade.

Arelada a estas questões surgiram outras discussões paralelas, porém relevantes, para futuros estudos sobre modelos teóricos como por exemplo: onde ou como os designers obtêm as informações intangíveis de materiais para a seleção em um projeto de projeto? É possível sistematizar essas informações? Quais são as ferramentas ou bases de dados que já contam com essas características dos materiais e se elas estão suprindo as necessidades de informações dos designers em seus projetos de produtos?

Conclui-se que o modelo descrito pode contribuir com a base teórica de grupos de pesquisas sobre materiais. Assim, avançou-se na elucidação do tema SM no binômio design e materiais para demais equipes de trabalhos multi e interdisciplinares da interface de P&D.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES pelo apoio na forma de uma bolsa de estudos Demanda Social em nível de doutorado.

REFERÊNCIAS

- [1]. ALBIÑANA, J.C.; VILA, C.A. framework for concurrent material and process selection during conceptual product design stages. *Materials & Design*, Elsevier. v. 41, p. 433-446, 2012.
- [2]. ASHBY, M. F.; JOHNSON, K. *Materiais e design: Arte e ciência da seleção de materiais no design de produto*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- [3]. CAPES, Portal de periódicos. *Busca*. Disponível em: http://www.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com_pmetabusca&type=m&prt=1&Itemid=118. Acesso em: nov. 2014.
- [4]. CICEK, K.; CELIK M; TOPCU. Y. I. An integrated decision aid extension to material selection problem. *Materials & Design*. Elsevier. v. 31, p. 4398–4402, 2010.
- [5]. CONFORTO, Edivandro Carlos, AMARAL, Daniel Capaldo; SILVA, Sérgio Luis. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: **8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto**. Anais do CBGDP 2011. Porta Alegre - RS, v.8, p.1–12, set. 2011.
- [6]. DISCHINGER, M. C. T.; KINDLEIN Jr., W. Metodologia de análise da percepção tátil em diferentes classes de matérias e texturas para aplicação no design de produtos. *Revista Design & Tecnologia*, v. 1, n. 1, p. 28-38, 2010.
- [7]. EDWARDS, K.L. Materials influence on design: A decade of development. *Materials & Design*, Elsevier. v. 32, p. 1073–1080, 2011.
- [8]. EDWARDS, K.L. Linking materials and design: an assessment of purpose and progress. *Materials & Design*. Elsevier. v 23, p.255–264, 2002.
- [9]. HALEN, C. van, VEZZOLI, C. & WIMMER, R. *Methodology for product service system innovation: How to implement clean, clever and competitive strategies in European industries*. Assen: Royal Van Gorcum, 2005.
- [10]. KARANA, Elvin; HEKKERT Paul; KANDACHA Prabhu. Material considerations in product design: A survey on crucial material aspects used by product designers.

- Materials & Design**, Elsevier. v. 29, n.6, p. 1081-1089, 2008.
- [11]. KARANA, Elvin; HEKKERT Paul; KANDACHA Prabhu. Meanings of materials through sensorial properties and manufacturing processes. **Materials & Design**. Elsevier. v. 30, p. 2778–2784, 2009.
- [12]. KARANA, Elvin; HEKKERT Paul; KANDACHA Prabhu. A tool for meaning driven materials selection. **Materials & Design**. Elsevier. v. 31, p. 2932–2941, 2010.
- [13]. KARANA, Elvin; HEKKERT, Paulo. User-Material-Product Interrelationships in Attributing Meanings. **International Journal of Design**, v.4, n.3, p. 43-52, dez. 2010.
- [14]. LJUNGBERG, Lennart Y. Materials selection and design for structural polymers. **Materials & Design**. v.24, n.5, p.383-390, ago. 2003.
- [15]. LJUNGBERG, Lennart Y.; EDWARDS, Kevin L. Design, materials selection and marketing of successful products. **Materials & Design**. v.24, n.7, p.519-529, out. 2003.
- [16]. LJUNGBERG, Lennart Y. Materials selection and design for development of sustainable products. **Materials & Design**. v.28, n.2, p.466-479, 2007.
- [17]. MePSS. **Introduction to MePSS**. Disponível em: <http://www.mepss.nl/?p=tool&l4=W21>. Acesso em: nov. 2014.
- [18]. MOSCATELLI, D. **Mapas mentais e o desenvolvimento de projetos**. Disponível em: <http://danimoscattelli.com/2013/08/19/mapas-mentais-e-sistemas-de-informacao/>. Acesso em: nov. 2014
- [19]. RAMALHETE, P.S; SENO, A. M. R.; AGUIAR, C. Digital tools for material selection in product design. **Materials & Design**. v.31, n.5, p.2275-2287, mai. 2010.
- [20]. SEBRAE. **Inovação e tecnologia**. Unidade Sebrae Pará. Disponível em <http://blog.pa.sebrae.com.br/inovacao-etecnologia/2013/06/10/aplicando-design-thinking-na-sua-startup/>. Acesso: nov. 2014.
- [21]. SCIENCE DIRECT. **Materials & Design**. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/02613069>. Acesso em: nov. 2014.
- [22]. VAN KESTEREN, I.E.H. Product designers' information needs in materials selection. **Materials & Design**. v.29, n.1, p.133-145, 2008.