

Da Sustentabilidade Ambiental e da Complexidade Sistêmica no Design Industrial de Produtos¹

From Environmental Sustainability and from Systemic Complexity in the Industrial Products Design

Andréa Franco Pereira

Doutora em Ciências Mecânicas - Design de Produto e Meio Ambiente

Esta abordagem focaliza as possibilidades e os limites da integração do *desenvolvimento sustentável* no design de produtos. Para além dos fatores ecológicos, isto significa uma abertura para a consideração da complexidade do sistema e para a confrontação dos diversos interesses envolvidos no problema. O desconhecimento desses fatores é uma importante causa para a má performance das soluções adotadas para os problemas ambientais ligados aos produtos de consumo.

This article concerns the possibilities and limits of integration of the Sustainable Development in the products design. Beyond the ecological factors, this means an opening for the consideration of system complexity and for the confrontation of several interests involved in the problem.

The ignorance of those factors is an important cause for the bad performance of the solutions adopted for the ecological problems linked to the consumption products.

Palavras-chave

ciclo de vida - meio ambiente - complexidade - eco-design

Key-words

life cycle - environment - complexity - eco-design

¹ - Este artigo é baseado nos capítulos teóricos da tese de doutorado (FRANCO PEREIRA, Andréa. *Application des connaissances issues du développement durable, de l'environnement et de la systémique, au design industriel de produits dans une approche de "macroconception"*. Université de Technologie de Compiègne, França), defendida em junho 2001 e financiada pelo CNPq.

Introdução

O debate colocado neste texto repercute o período atual vivido pela sociedade, que vem estabelecendo como escolha moral a busca pela melhoria das condições do meio ambiente e em que o conceito de *desenvolvimento sustentável* consolida-se como princípio fundamental. As preocupações atuais se sobrepõem às inquietações relativas aos impactos ecológicos e aos danos causados à natureza, colocando em evidência o anseio à qualidade de vida humana e a consideração de fatores de ordem socio-econômico-ecológica ligados ao domínio da técnica. Esta realidade incontestável e irreversível impõe ao setor industrial, mesmo que de forma aparentemente lenta, mudanças de posicionamento e de procedimento.

No que tange à indústria de produtos de consumo, e apesar de muitas tentativas já realizadas, a proposição de respostas a essa demanda ambiental é ainda bastante tímida, não somente nos países em desenvolvimento, mas também em muitos daqueles onde as indústrias dispõem de altos recursos tecnológicos. O reconhecimento da pertinência destas preocupações originou a convicção de que o desenvolvimento da indústria pode perfeitamente continuar a ocorrer, levando em conta seus efeitos sobre o ambiente natural, de forma a minimizá-los. Em conseqüência, fatores ecológicos, tais como a diminuição dos gastos de energia e a diminuição da produção de lixo, começaram a ser considerados no projeto de produtos através da aplicação de vários métodos, desenvolvidos sob a noção de *eco-design*. Contudo, muitos dos problemas ambientais causados ou agravados pela produção e uso dos produtos de consumo continuam a subsistir. Podemos observar, por exemplo, que o descarte dos resíduos de embalagens continua a ser um grande problema mundo afora, o desmatamento de florestas nativas é ainda considerável, a exploração dos recursos naturais continua a ser feita sem interrupção e muitas vezes em prejuízo de critérios ambientais e a poluição atmosférica e hídrica nos meios urbanos continua excessivamente presente.

Diante deste quadro, podemos então nos perguntar se os métodos de *eco-design* estão adequados? Ou ainda podemos indagar sobre quais os melhores critérios seriam indicados ao projeto de produto, a fim de responder a uma escolha da sociedade que ambiciona harmonizar as atividades de produção com a preservação da natureza e com a manutenção do bem-estar individual e coletivo? Buscando respostas para estes questionamentos a opção deste estudo foi confrontar as noções “*qualidade do produto*”, “*respeito à natureza*” e “*qualidade de vida*” como ponto de partida de uma pesquisa cujo objetivo consiste na integração do conceito de desenvolvimento sustentável ao design industrial. Esta escolha se baseia em dois eixos principais: 1) consideração da questão ambiental como parte integrante do projeto de produto e 2) articulação dos fatores ambientais (humanos, ecológicos e econômicos) e consideração de sua complexidade em relação aos produtos.

1- Meio Ambiente como parte integrante do Projeto de Produto

Os estudos teóricos, as observações realizadas e a confrontação destes estudos em campo², permitiram uma constatação fundamental relativa à consideração dos impactos ambientais no design industrial:

as abordagens de eco-design, adotadas até então, fazem referência unicamente a fatores ecológicos pontuais que são levados em conta em etapas posteriores no projeto do produto.

Ora, o contexto atual e a perspectiva do desenvolvimento sustentável demonstram o caráter ecológico e social, atemporal e planetário dos danos produzidos. Isto indica que a questão se inscreve muito além da avaliação pontual do evento em que, quase sempre, a atenção está voltada para a resolução de obstáculos técnico-econômicos. A questão ambiental (no conceito mais amplo do termo), sob uma perspectiva macroscópica que permita a visualização do produto em um sistema maior, deve ser levada em conta previamente no projeto do produto, quando das tomadas de decisões preliminares, conceituais e estratégicas, relativas ao novo produto.

Entretanto, a aplicação dos métodos existentes é dirigida na maior parte dos casos, seja para a “verificação ecológica” de uma proposta de produto definida em etapas precedentes, seja para a uma definição pontual, por exemplo, a escolha do uso de um determinado material.

Para demonstrar a pertinência dessa constatação, é sugerida a seguir uma síntese das abordagens mais utilizadas em termos de eco-design e suas aplicações em relação à metodologia de projeto.

1.1- A dinâmica do processo de desenvolvimento de produtos

A industrialização provocou três rupturas fundamentais no processo de produção: a) passagem da produção artesanal de baixa tiragem à produção industrial em série e em grande escala; b) substituição do modo de trabalho individualizado por um modo de trabalho coletivo em equipe e c) a substituição do contato direto entre o projetista (artesão) e o utilizador do produto, pela presença virtual do usuário diante do designer [GIRAULT, 1997]. Estas rupturas provocaram um quadro de insatisfação e de inadequação projetual, agravados ainda mais pelo aparecimento de novas necessidades e novas expectativas da parte da sociedade.

Atualmente, novos cenários impõem às empresas a adequação da produção e dos produtos a diferentes contextos sócio-culturais e políticos. Isto significa a consideração de especificidades culturais em um mundo cada vez

² - Foram realizados dois estudos de caso, mas eles não serão tratados no âmbito deste artigo:
- estudo sobre a exploração e uso das madeiras tropicais da Amazônia;
- estudo sobre a produção de resíduos de embalagens de uso doméstico.

mais globalizado ou a consideração de questões ambientais, definidas como política de sociedade para uma nova orientação de desenvolvimento.

Entretanto, a questão do meio ambiente é ainda levada em conta nos processos projetuais de forma secundária em relação a outros fatores tais como a funcionalidade de uso, o tempo de vida do produto no mercado, etc. A análise ambiental é ainda uma especialidade mais ou menos independente do processo de desenvolvimento do produto, sendo contribuição de um especialista externo, sobretudo em se tratando das abordagens de Análise de Ciclo de Vida (ACV).

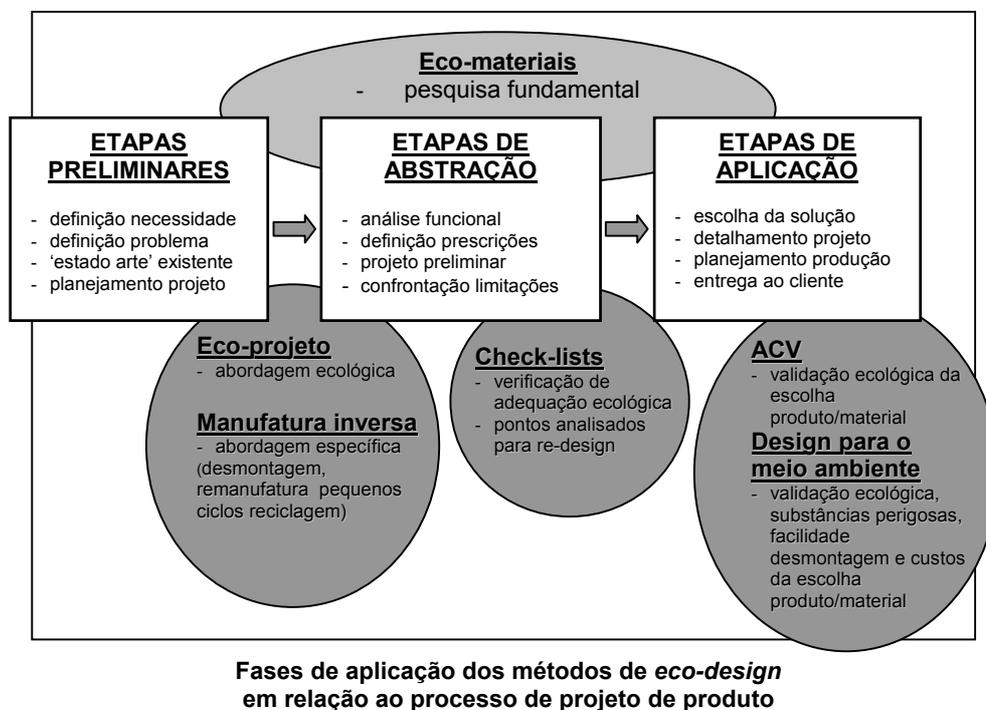
Aliás, o conceito de eco-design nasce com a idéia de ACV. E mesmo que já houvesse uma discussão sobre a utilização e os gastos de energia, sobre a produção desenfreada de lixo, e sobre a transformação e a reutilização dos materiais empregados nos produtos, é sobretudo após a introdução do conceito de “ciclo de vida” com sentido ecológico que os interesses começam a ser mais intensos. É a partir da introdução, em 1974, pelo instituto norte-americano Midwest Research Institute [QUARANTE 94], de um método de avaliação que leva em conta a matéria-prima, a energia, o consumo de água, a quantidade de poluentes aquosos e gasosos emitidos e o lixo produzido durante os processos de industrialização, que surge o conceito de “análise de ciclo de vida” ecológica: o estabelecimento de um balanço **quantitativo** dos fluxos de matéria e energia trocados com o meio em uma produção ou sistema de produção ao longo do seu ciclo de vida.

Na década de 80 são então criadas novas nomenclaturas tais como a noção de “eco-design” e o termo “eco-produto”, fazendo referência ao produto que provoque menor dano ecológico possível ao longo de seu ciclo de vida. Também começam a ser desenvolvidos métodos que levem em conta fatores ecológicos do design de produtos.

Contudo, e à exceção de alguns exemplos relativos a processos específicos, como a desmontagem, os métodos existentes não consideram o “meio ambiente” sob uma ótica global e sistêmica, própria do desenvolvimento sustentável, e não consideram seus aspectos humanos, a não ser quando fazem referência à saúde, como consequência de um impacto ecológico.

Por outro lado, ainda que estes métodos prevejam a consideração ambiental o mais cedo possível no processo de projeto do produto, eles não são jamais aplicáveis na fase decisional e conceitual preliminar do processo. Persiste a necessidade de inovações e de transformações mais profundas, globais e sistêmicas no design. Isto não significa, contudo, que os métodos existentes sejam dispensáveis. Ao contrário! O que se pretende aqui é tentar chegar à uma resposta para o problema da presença significativa dos danos ambientais ligados aos produtos. Para tanto, a questão ambiental deve ser considerada preliminarmente no design dos produtos e de forma mais estratégica.

Seguindo uma estrutura básica das etapas elementares de desenvolvimento do produto [COFFIN, 1995][GIRAULT, 1997][M. NAVEIRO, 1996][QUARANTE, 1994], é proposta aqui a análise da contribuição dos métodos de eco-design existentes e o momento em que eles são utilizados no processo, como mostra a figura abaixo.



1.2- Métodos empregados em eco-design

1.2.1- ACV - Análise de ciclo de vida

Os métodos de ACV foram uma das primeiras tentativas de sistematização do exame dos fatores ecológicos no design de produtos. Isto aconteceu, sobretudo, com a implementação em 1996 das normas ISO 14000, que efetivamente formalizam a idéia de ciclo de vida. Aliás, se os anos 70 foram caracterizados pela introdução dos procedimentos de “controle de poluição” e os anos 80 foram marcados pelas ações de “planejamento ambiental”, os anos 90 se caracterizaram pela globalização dos conceitos e por uma verdadeira iniciativa de sistematização das ações.

Do conjunto dessas normas internacionais, aquelas dirigidas aos produtos são as da série 14020, que trata dos selos ambientais, e as da série 14040 a que trata da análise do ciclo de vida. É importante lembrar que estas normas não são susceptíveis de certificação, sendo somente objeto de

certificação a norma 14001 sobre Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) [BUREAU VERITAS, 1998][OLIVEIRA, 1996].

As normas visam aspectos ecológicos (os danos causados à água, ao ar e ao solo) mas, também, certos aspectos relativos ao mal-estar humano (a ecotoxicologia e o ruído). A normatização se aplica igualmente a certos produtos, materiais e equipamentos específicos de interesse para o meio ambiente. Por exemplo, o material de coleta de lixo (recipientes e sacos de lixo, caçambas de coleta e de transporte, etc.) e o material de tratamento lixo (incineradores). Nestes casos, ela se desenvolve na medida em que surgem novas necessidades, sendo o campo dos resíduos o mais vasto [THIARD 1991].

A série ISO 14040 foi elaborada a fim de descrever os princípios de realização de ACV, comportando certas exigências mínimas. Não existe um método único de ACV, mas eles devem seguir algumas fases elementares determinadas pela norma [AFNOR, 1997]:

- definição dos objetivos e do campo de estudo;
- análise do inventário dos fluxos de matéria, de energia e de resíduo;
- avaliação do impacto do ciclo de vida;
- interpretação do ciclo de vida.

A aplicação dos métodos ACV podem então contribuir para a identificação das possibilidades de melhoria dos aspectos ecológicos dos produtos, ajudando nas tomadas de decisão e na escolha de indicadores pertinentes. O método consiste da análise da matéria (incluindo as matérias-primas, secundárias, os produtos e os serviços associados) e também de energia gastos no ciclo de vida dos produtos industriais, que podem ser, por exemplo, da indústria química, mas também os eletrodomésticos, etc. Entretanto, o método não trata dos aspectos econômicos e sociais do produto.

Diversas outras limitações, presentes no documento da norma, indicam que as informações obtidas devam ser usadas como parte de um processo de decisão bem mais completo.

Com relação ao projeto de produto, o método apresenta ainda numerosos limites de utilização, tornando-se alvo de várias críticas [ADDA et JEAN, 1999][BREZET, STEVELS et ROMBOUTS, 1999] [LINDAHL, 1999][SHERWIN et BHAMRA, 1999]:

- em termos de resolução de problemas, o método é mais uma justificativa para a manutenção de um fluxo de produção ou para a fabricação de um produto específico previamente definido, sendo sempre uma ferramenta comparativa;
- o método não é bem adaptado para o projeto de produto, pois as idéias sugeridas extrapolam em muito a influência dos designers. Além disso, a análise toma o produto de uma forma isolada do sistema em que ele opera. Por outro lado, os resultados da ACV só podem realmente ser utilizados após o desenvolvimento do projeto do produto ou quando os materiais já foram definidos, sendo muito mais um método reativo que serve para

validar uma escolha, do que propriamente um método que forneça parâmetros para o projeto;

- é um método muito lento, devido à complexidade da coleta dos dados, além do que a necessidade de exatidão e de precisão dos dados aumenta em muito os custos e exige um conhecimento muito especializado da parte de quem o aplica;
- ele não aborda outros aspectos importantes tais como a desmontagem do produto, a legislação e as normas vigentes.

Estas constatações foram ponto de partida para o surgimento de novas idéias no sentido de facilitar e otimizar a aplicação das análises de ciclo de vida. As experiências adquiridas com a aplicação de ACVs levaram ao desenvolvimento de outros métodos mais adequados ao design de produtos. Contudo, os critérios considerados nesses novos métodos permanecem sendo aqueles que tratam sobretudo do aspecto ecológico do meio ambiente.

1.2.2- Avaliação qualitativa do ciclo de vida

Algumas alternativas para a ACV foram desenvolvidas sob a abordagem do “Design para o Meio Ambiente” (*DFE - Design for Environment*). Trata-se de métodos que são baseados em informações quantitativas simplificadas do ciclo de vida mas, também, sobre informações fora ACV, tais como os aspectos de desmontagem, e outros indicadores mais orientados para o projeto de produto. Estes indicadores colocam em evidência, por exemplo, os materiais perigosos escolhidos, a capacidade de reciclagem do produto, o custo dos materiais escolhidos, a dificuldade de separação dos materiais no desmonte, o número de componentes reutilizáveis, etc. [ADDA et JEAN, 1999].

Nesta abordagem, os métodos são também mais facilmente aplicáveis e não requerem conhecimentos especializados dos usuários (designers, pessoal de marketing, etc.), favorecendo também maior eficácia em termos de tempo e permitindo sua aplicação em pequenas e médias empresas [LINDAHL, 1999].

Outra vantagem observada em alguns métodos pesquisados [VENTÈRE et PUYOU, 1996] [ADEME, 1999] é o esforço de integrar a perspectiva do marketing a partir da preocupação com relação à transferência de informações e da comunicação com o público, demonstrando a vontade de incorporar outros critérios às análises.

Contudo, estes métodos continuam sendo uma ferramenta de validação ecológica para uma escolha de produto que já foi definida previamente.

1.2.3- Os métodos “Check-list ecológicos”

Existem numerosos métodos “check-list” que tratam de questões ecológicas. Entretanto, segundo LINDAHL, a essência desses métodos é bastante variável. Alguns consistem de regras de uso e concernem ao design: eficiência em termos de energia e de água, o consumo mínimo e a prevenção da poluição. Outros se constituem, por exemplo, de regras de emprego de materiais químicos perigosos nos produtos ou nos processos. Por outro lado, os métodos “check-list” são bem adequados para a abordagem “design para o meio ambiente” porque são fáceis de ser usados, necessitam de um conhecimento especializado menor e são mais eficientes em termos de tempo, além de manter o caráter sistemático. Eles são também muito úteis para garantir que alguns aspectos ecológicos não passem despercebidos durante o processo projetual. Entretanto, podem produzir resultados muito genéricos e estáticos para serem verdadeiramente aproveitáveis. Sem contar que a perspectiva do ciclo de vida pode ser facilmente esquecida [LINDAHL, 1999].

Um exemplo é o método desenvolvido por WIMMER [WIMMER, 1999 - www.ecodesign.at/ecodesign_eng]. Fazendo uma crítica aos métodos que levam em conta apenas a escolha dos materiais, ele desenvolveu um método check-list dirigido ao re-design de produtos a fim de alcançar níveis de redução de consumo de recursos em fatores de 4 a 20 vezes.

Segundo WIMMER, na maior parte dos métodos de ajuda à decisão nos processos de desenvolvimento de produtos, a atenção está voltada quase sempre para a avaliação ambiental nas fases de escolha de materiais. Sendo assim, outros fatores que contribuem para o aumento da performance ambiental não são levados em conta.

O método proposto por ele almeja considerar outros elementos tais como os recursos locais disponíveis, por ser dirigido também à aplicação em pequenas e médias empresas. Todavia, estas considerações permanecem ainda muito ecológicas, desatentando para as relações de complexidade e para outros aspectos de ordem humana tais como as poluições sensoriais, os impactos negativos espaciais e culturais (estes conceitos serão detalhados mais adiante). Além disto, e sobretudo por se tratar do re-design de produtos, este método é utilizado em fases secundárias no processo projetual, no momento em que as características principais do produto já foram definidas.

Aliás, de maneira geral, os check-list se apresentam como orientações para a verificação de pontos listados anteriormente. Desta forma, eles são empregados em etapas posteriores, não servindo para as fases prévias da **decisão conceitual** do produto, i.e., para a definição primeira da idéia do produto.

1.2.4- Os métodos de design para a desmontagem e a manufatura inversa - “remanufatura”

Estes métodos representam um início de consideração no desenvolvimento de produtos dos problemas complexos **externos** ao produto em si, por exemplo, a consideração das interações organizacionais dos processos de coleta e devolução à fábrica dos produtos usados, assim como dos processos de desmontagem destes produtos.

A idéia resulta da constatação da insuficiência dos métodos dirigidos ao processo de reciclagem de materiais. Na verdade, ela surge da necessidade de se colocar em prática procedimentos visando um “ciclo de vida fechado” que focalizem os processos de desmontagem dos produtos, de remanufatura dos componentes ou de reciclagem dos materiais em pequenos ciclos ou em outras palavras, um procedimento de manufatura inversa.

De acordo com UMEDA, o sistema de reciclagem clássico não é suficiente para responder a uma efetiva situação de “sustentabilidade” em termos de indústria de produtos. Primeiramente, é muito difícil para o setor de reciclagem encontrar mercado para seus materiais, pois o volume de material reciclado utilizado nas indústrias é muito variável em função do valor do material virgem e do volume de resíduo coletado. Segundo, sendo a qualidade do material reciclado inferior à qualidade do material virgem, é normal que o valor dos reciclados sejam inferiores. Isso causa grande problema para as empresas de reciclagem. Por outro lado, em muitos casos a reciclagem não contribui para a economia de energia e, com relação à poluição, o processo de reciclagem pode apresentar depósitos de substâncias tóxicas. No Japão, por exemplo, o chumbo concentrado em fragmentos no pó residual produzido pelos processos de reciclagem é um problema sério a ser resolvido [UMEDA, 1999].

Sob esta ótica de pequenos ciclos de vida fechados, alguns aspectos devem ser levados em conta [UMEDA, 1999][IJOMAH et BENNETT, 1999]:

- a reparação e a modernização/atualização dos produtos a fim de aumentar seu ciclo de vida;
- a remanufatura dos componentes usados;
- a reutilização dos componentes usados;
- um ciclo de vida fechado para os produtos/componentes descartados.

Com relação ao design de produtos três cenários devem ser observados:

- 1º: os problemas elementares tais como coleta/devolução/transporte, manutenção, desmontagem/separação devem ser resolvidos em primeiro lugar;
- 2º: propostas de padronização/compatibilidade devem ser pensadas, pois elas são indispensáveis para a remanufatura e a reutilização;
- 3º: um sistema de modernização/atualização e de reutilização deve ser estudado pois isto é fundamental para agregar valor aos produtos.

Desta forma, uma infra-estrutura deve ser colocada em prática para permitir a transferência de informação, o estabelecimento de um mercado de produtos remanufaturados, o estabelecimento de locais de venda, o estabelecimento de um sistema de coleta dos produtos descartados e a padronização internacional.

Pode-se citar o exemplo do amplo serviço de remanufatura de cartuchos utilizado atualmente no Brasil. Isso tem ocorrido claramente em função dos ganhos econômicos alcançados pelos consumidores mas, benefícios ambientais também são indiscutivelmente proporcionados. Aliás, é importante sublinhar que para que estes benefícios possam ocorrer de forma efetiva é preciso sempre ter em mente a necessidade de haver outros ganhos agregados, tanto para os consumidores quanto para os produtores.

Segundo IJOMAH e BENNETT, o processo de remanufatura é particularmente interessante para produtos eletromecânicos ou mecânicos já que a parte interna, após ter recebido uma cobertura, adquire alto valor agregado em relação ao valor de mercado do produto original. No entanto, o problema apresentado é relativo à incerteza quanto aos riscos devidos à dificuldade de antecipar a qualidade dos resultados. Por isto mesmo a fase de projeto do produto é fundamental na análise dos defeitos no processo de remanufatura. [IJOMAH et BENNETT, 1999]

Os métodos de manufatura inversa representam assim uma abordagem global que leva em conta, no projeto do produto e de maneira estratégica, certos aspectos relativos a complexidade do sistema como um todo. Todavia, trata-se de uma noção muito específica e, em conseqüência, dificilmente aplicável a produtos que estejam fora do setor de eletrodomésticos ou de outros utensílios eletromecânicos em que os componentes possam ser recuperados e reutilizados.

1.2.5- A pesquisa sobre eco-materiais

Apesar de não se tratar propriamente de método ligado às etapas do processo de desenvolvimento de produtos, a pesquisa relativa aos eco-materiais é extremamente importante para o projeto de produtos.

Segundo HALADA, um eco-material é aquele que provoca o menor dano ambiental durante a produção, que atinge um alto nível de reciclabilidade e permite seu uso de maneira mais eficaz [HALADA, 1999].

Desta forma, o desenvolvimento de materiais associados às questões ambientais se subdivide em três grupos:

- materiais para redução de poluição:

Ex.: materiais para a substituição de **substâncias tóxicas**, materiais para a absorção de CO₂, catalisadores para evitar a emissão de substâncias tóxicas;

- materiais para a economia de energia:

Ex.: **materiais ou equipamentos** desenvolvidos para melhorar os sistemas de geração de energia - lâminas para turbinas de alta temperatura, materiais termelétricos, supercondutores;

- materiais para menores danos:

Ex.: materiais com **baixa taxa de emissão de poluentes** para substituir outros materiais - substituição de solda de chumbo, plásticos biodegradáveis para usos variados tais como componentes eletrônicos, desenvolvimento de materiais/componentes recuperados, materiais compostos de resíduos termoplásticos e fibras orgânicas. [ARTAKI et al., 1999][HASHITANI et al. 1999][JILKEN, 1999]

A tecnologia dos materiais é essencial na abordagem ambiental, pois os materiais devem conjugar qualidade e alta capacidade de circulação no ciclo: os novos materiais devem apresentar a menor taxa de agressão ambiental, flexibilidade de produção, vida longa e possibilidade de reparação/reciclagem progressiva.

O exame dos métodos citados acima demonstra que os critérios a serem analisados visam à resolução de problemas pontuais em relação ao uso dos recursos naturais e de energia, à emissão de poluentes e à produção de resíduos, ou seja, a redução do volume de material empregado, a emissão de substâncias tóxicas durante a fabricação, a redução do consumo de energia, o emprego de materiais recicláveis... Estes são fatores extremamente importantes e devem ser cada vez mais considerados no projeto de produto. Todavia, muitas vezes, apesar da consideração desses critérios ecológicos, a performance dos resultados alcançados não corresponde às expectativas por falta da consideração de outros fatores de ordem humana e de ordem da complexidade sistêmica que entravam o bom desempenho das soluções propostas.

Cabe citar aqui um exemplo:

Por ocasião do seminário “Will eco-design survive?”, organizado pelo Instituto Holandês da França e realizado na sede da UNESCO em setembro de 2000, em Paris, Jean Jacques Pauthe, gerente de marketing da Philips/França, expunha sobre o engajamento da empresa quanto ao desenvolvimento sustentável com vistas a responder a solicitação dos consumidores e dos próprios acionistas. Sob esta ótica, segundo ele, a empresa está atenta à redução do peso dos produtos, assim como à redução do peso de suas embalagens; ela está atenta à restrição ao uso de substâncias perigosas, à economia de energia e se preocupa também com a reciclagem de seus produtos.

Sobre este ponto coloquei a seguinte questão: “o senhor disse que a Philips está preocupada com a reciclagem de seus produtos, então pergunto se, para tanto, a empresa coloca em prática um sistema de coleta dos produtos descartados a fim de permitir a reciclagem efetiva dos materiais desses produtos?”

A resposta: “no momento, a Philips não previu nenhum sistema de coleta de seus produtos descartados, os quais são coletados pelos serviços públicos existentes”.

Ora, de acordo com o estudo de caso realizado sobre as embalagens no lixo doméstico [F. PEREIRA, 1998][F. PEREIRA et DEJEAN, 2000], pude constatar as dificuldades e a complexidade da coleta seletiva municipal. Nada existe que garanta sejam reciclados os produtos descartados em meio ao lixo doméstico, mesmo que tenham sido fabricados a partir de material reciclável. A incerteza da reciclagem desses produtos é enorme. Mesmo para as embalagens cujo volume de material é muitas vezes superior aos outros produtos de consumo presentes no lixo - portanto teoricamente muito mais vantajosas em termos de ganhos com a venda dos materiais reciclados - as percentagens do material despejado em aterros sanitários e lixões são ainda muitíssimo elevadas, sobretudo para metais, vidros e plásticos, materiais oriundos de matéria-prima não-renovável e que são facilmente recicláveis do ponto de vista técnico.

Portanto, ***não basta ser reciclável, é preciso reciclar!***

Para tanto, a compreensão, por parte dos designers, dos fatores humanos (por exemplo, o engajamento e o prazer dos usuários com relação à coleta) e dos fatores concernentes às interações complexas presentes no sistema como um todo (por exemplo, a complexidade organizacional relativa aos processos de coleta e triagem dos produtos no lixo) pode fornecer-lhes nova visão sobre suas intervenções no projeto dos produtos. Essas intervenções poderão ser então percebidas sob um ângulo muito mais **ativo**, percebidas como um meio de contribuição para resolver os impasses e entraves que venham ocorrer no sistema. Conseqüentemente, a atividade de projeto de produto pode conquistar um lugar mais estratégico nas tomadas de decisão, pois através da abertura e da descoberta de novos conhecimentos, os designers têm condições de adquirir uma capacidade mais determinante, permitindo que saiam de uma posição ainda muito subordinada, sobretudo em se tratando da consideração de questões ambientais. Ou seja, define-se o produto a ser fabricado - o **conceito do produto** - ele é projetado, para que somente em seguida, seja verificado se este conceito escolhido responde a certos critérios ambientais.

1.3- Outras idéias mais globais

O reconhecimento da insuficiência dos métodos de eco-design levou ao surgimento de outras idéias que demonstram a importância e a necessidade de uma reavaliação do processo de desenvolvimento de produtos, dentro da perspectiva da consideração das questões ambientais de uma maneira mais global.

Alguns pesquisadores consideram que o problema reside na urgência de uma reorientação do “pensar” a atividade de desenvolvimento de produtos, considerando a necessidade de uma reforma no sistema de formação dos designers [DEFORGE, 1997 1992] [ÅKERMARK, 1999]. Os profissionais devem ter uma compreensão mais global dos problemas para estarem melhor habilitados a identificar e a determinar as prioridades ambientais, assim como mais capacitados a estabelecer as melhores estratégias aplicáveis.

Sob esta ótica, os designers devem ter em mente, durante todo o processo de desenvolvimento de produto, idéias de economia de recursos e de espaço, idéias de multifuncionalidade, modularidade, durabilidade, não-poluição e de muitos outros fatores que sejam benéficos ao meio ambiente. Por exemplo, a estes critérios podem ser agregados fatores de ordem humana e social: a cultura e a importância das mudanças sociais e simbólicas, a importância da estética e da apropriação dos objetos, o compromisso moral da sociedade e do indivíduo.

Outros estudiosos consideram a necessidade de um novo paradigma, o da “pós-produção de massa”, defendendo a noção de “desmaterialização” [TOMIYAMA, 1999] ou, ainda, uma maior integração entre produtos e serviços [MANZINI 1999]. De maneira geral, a idéia se traduz na redução da produção de objetos em termos de volume. Esta visão também requer uma reavaliação dos processos de design de produto, sobretudo porque o conceito de desmaterialização implica na redução da atividade econômica. Por isso, estratégias concretas devem conjugar a manutenção das atividades de produção e a redução do volume de material/produto desta produção.

Algumas reflexões ainda consideram os danos ambientais para além da esfera técnica. O que importa é a razão de ser do próprio objeto: suas funções, sua duração. Trata-se na verdade de uma reconsideração da produção do objeto e de seu consumo, os quais podem ser totalmente modificados pela mudança, seja dos valores simbólicos, portanto estéticos [WALKER, 1995] e culturais [MANZINI, 1992 e 1991], seja pela mudança nos conceitos dados pelo projeto dos produtos.

Uma outra corrente de idéias considera que é urgente a mudança da visão atual das indústrias, que focaliza a escala micro e a obtenção de respostas a curto prazo, por uma visão que focalize a escala macro e a obtenção de respostas a longo prazo. Para tanto, o conceito de “ecologia industrial” é proposto, conceito esse no qual os problemas devam ser analisados levando-se em consideração a análise das interações dos diferentes responsáveis por decisões presentes em toda a cadeia de produção: os responsáveis do sistema político geral (políticos e administradores públicos); os provedores de informações (especialistas, acadêmicos, pesquisadores) e aqueles que colocam em prática as decisões tomadas (burocratas, projetistas, designers) [SOLEM et BRATTEBO, 1999]. Ou, melhor dizendo, a necessidade de se ter uma visão sistêmica do conceito de ecologia industrial.

Essas idéias nos levam a concluir que o problema se insere numa esfera bem mais ampla do que a relacionada aos fatores ecológicos e à técnica.

Os fatores humanos relativos à apropriação dos produtos, às experiências culturais individuais e coletivas, ao símbolo e à estética dos objetos, assim como os fatores ligados à complexidade das *inter-relações* existentes entre os atores do sistema devem também ser levados em conta.

No que tange aos produtos, a questão ambiental não deve mais ser vista **somente** como um assunto ecológico cujas soluções concernem às contribuições técnicas trazidas pelos cálculos de emissão de poluentes, de economia de energia, de redução de material empregado, da pesquisa de materiais recicláveis, etc., mas, ao contrário, deve levar **também** em conta a presença do usuário e da coletividade, seu engajamento e prazer (sentido através da simplicidade ou da dificuldade no uso dos produtos), assim como os valores de preço em relação à qualidade funcional e **também** ambiental proporcionada pelos produtos.

2- Interação dos vetores ambientais sob a ótica do produto

Como vemos, de uma maneira ou de outra, a indústria atual não pode mais negar os efeitos nocivos de sua produção e se vê coagida a reduzi-los sem contudo perder de vista a perspectiva dos ganhos econômicos. Todavia, sabe-se que dificilmente as soluções propostas visando esse equilíbrio serão as mais perfeitas. Elas deverão, no entanto, estar sempre subordinadas a um processo dinâmico de adaptação permanente, observando e sendo guiadas por idéias como as do desenvolvimento sustentável que visam a consideração equitativa dos vetores econômico, ecológico e social.

A interação de diversos elementos tais como o avanço tecnológico, a legislação imposta pelo poder público, a abordagem adotada para o projeto dos novos produtos, a informação aos consumidores, os seus interesses e envolvimento, o tratamento do lixo e a gestão dos riscos, implantados pelas empresas e governos, podem contribuir para o sucesso de um projeto favorável ao meio ambiente, mas, em certos casos, esta interação pode contrariar os objetivos almejados. A ligação *inter-relacional* existente entre esses diversos elementos faz com que eles se tornem componentes de um **todo**, i.e., de um “**sistema complexo**” [MORIN, 91 e 77][LE MOIGNE, 95 e 94][CHEVALIER, 96].

Em linhas gerais, um sistema complexo é uma **interação** de elementos constituindo uma entidade global - uma **totalidade**. A totalidade é desta maneira um conceito essencial, permitindo caracterizar os fenômenos que não podem ser reduzidos a eventos locais. Um sistema é assim definido quando suas características constitutivas não podem ser explicadas a partir das características de suas partes tomadas isoladamente. “Um todo é mais que a soma de suas partes” [BERTALANFFY, 1993].

A **totalidade** e a **interação** são ligadas pela **organização**. Porém, estes três termos, apesar de inseparáveis, são relativamente distintos:

- a idéia de totalidade faz referência à unidade complexa do todo em inter-relação, às suas características e às suas propriedades fenomenais;
- a idéia de interação faz referência aos tipos e às formas de ligações entre os elementos e entre esses elementos e o todo;
- a idéia de organização diz respeito à disposição das partes num todo.

Desta forma, a organização entrelaça diversos elementos que se tornam componentes do todo. Ela comporta, assim, a totalidade constituída por seus elementos em inter-relação. Sob esta ótica, a consideração da sociedade como uma soma de indivíduos é substituída pela idéia de que a sociedade, a economia, as nações, etc., são formadas por “unidades complexas organizadas”. A organização, que assegura solidariedade e solidez às relações no sistema, tem como fonte as interações. Por outro lado, as interações estabelecidas no todo modificam o comportamento ou a natureza das partes, caracterizando, deste modo, a identidade do sistema e sua coesão.

Nos sistemas **sócio-técnicos** (como são os que relacionam produtos, usuários e sociedade), as dificuldades aparecem a partir do momento em que as contradições se apresentam face à realização de um projeto em comum. Essas contradições são sobretudo advindas das incompatibilidades existentes entre os interesses de cada ator interagindo no sistema. Segundo a equipe de LE CARDINAL, cada uma das interações possui a potencialidade de apresentar ao menos um dilema, representado pela complexidade **informacional** (durante a transferência das informações), pela complexidade **organizacional** (durante a condução em comum de ações), pela complexidade **relacional** (durante a criação de relações) e/ou pela complexidade **existencial** (quando da descoberta das identidades e das responsabilidades). Esta situação é típica de sistemas complexos.

Um sistema pode, assim, ser definido pelo seu grau de simplicidade, de complicação e de complexidade. Os problemas complicados se caracterizam pela necessidade de informações, de treinamentos ou de consultorias dadas por especialistas. Ao contrário, no caso de sistemas complexos, os problemas encontrados mais que complicados, em que a solução pode advir de uma única área, se apresentam tais como complexos, pois o desfecho só é possível através da cooperação de vários especialistas, ajustando de maneira satisfatória um conjunto de critérios contraditórios [LE CARDINAL, GUYONNET et POUZOULLIC 1997][LE CARDINAL et RIGBY, 1999][LE CARDINAL, 1989]. Conseqüentemente, o alcance das soluções adequadas para os problemas encontrados requer a consideração das interações existentes e a busca pelo equilíbrio entre os interesses contraditórios.

Dessa forma, analisar a questão ambiental no projeto de produtos requer a consideração dessa complexidade. Ora, os danos provocados, que podem ser diretos ou indiretos, imediatos ou a longo prazo, materiais (danos

sobre a saúde, fauna e flora) ou subjetivos (descontentamento de ordem estética percebidos diante de uma paisagem, por exemplo) só serão resolvidos mediante a colaboração de diversos atores. Por isto, a desconsideração dessas interações e contradições conduzem inevitavelmente a um bloqueio do sistema e a uma resposta inadequada da solução proposta - o fato de materiais recicláveis não serem jamais reciclados, por exemplo, ou o fato de pretendermos o manejo sustentável das florestas nativas, mas só utilizarmos 10% da variedade das madeiras exploradas, inviabilizando assim a idéia de manejo. É a consideração desses conflitos de uma maneira **retroativa** no próprio sistema que permitirá seu funcionamento de forma satisfatória. Aliás, as flutuações retroativas, feitas através da circulação de informação, são um processo-chave para a organização **ativa** do sistema.

Daí a necessidade de considerarmos as questões ambientais no design de produto de uma forma mais abrangente, i.e., considerando os problemas de forma iterativa e sob a proposta do desenvolvimento sustentável que traz em si própria o caráter complexo [CODUR, 1996].

Para compreender este conceito no âmbito dos objetivos da pesquisa, apresento a seguir um ensaio de interpretação dos três vetores do desenvolvimento sustentável (econômico, ecológico e social) dentro dos limites dos produtos:

- o vetor econômico será interpretado como sendo a **manutenção da produção e do consumo dos produtos**. Ele se inscreve no âmbito do **meio material**;
- o vetor ecológico como sendo a necessidade de **preservação da natureza**. Ele se inscreve no âmbito do **meio natural**;
- o vetor social como sendo a **busca pela qualidade de vida** individual e coletiva. Ele se inscreve no âmbito do **meio sensorial, espacial e cultural**.

2.1- O meio material

Trata-se de manter a atividade de produção e de consumo dos produtos.

A cadeia do produto é extremamente complexa e baseia-se em uma lógica econômica de troca entre produtores e consumidores, relação esta que sustenta a continuidade das atividades. Os benefícios alcançados nesta troca e através dos produtos servem para manter, em grande parte, a estrutura de organização da sociedade, satisfazendo necessidades de ordem individual e coletiva. Não se pode negar que o desenvolvimento industrial e o progresso técnico melhoraram (e continuam melhorando) o nível de vida dos indivíduos e seu conforto através de um crescente aumento da qualidade e da variedade dos produtos e dos serviços oferecidos.

Apesar disso, a evolução tecnológica não se desenvolve nem se distribui de maneira constante e homogênea. As distorções advêm, sobretudo, da dificuldade demonstrada pelo mercado de acompanhar o ritmo dos avanços das tecnologias. Uma das razões está relacionada à incompatibilidade existente entre os novos produtos e as expectativas dos usuários, terminando por decepcionar tanto aos consumidores quanto aos produtores.

O desequilíbrio pode ser justificado pelo fato de que o ato de consumo se manifesta na subjetividade da esfera cultural. Como observa WANIER “o que está em jogo no consumo e na cultura material que nos submerge é bem mais e bem outra coisa que a satisfação de necessidades. É a definição identitária das pessoas e dos grupos e a produção de significados atribuídas à existência cotidiana” [WANIER, pág. 39]. Ou, ainda, como colocava BAUDRILLARD, não se trata de uma absorção ou de uma apropriação imposta pela produção “o consumo é uma atividade ativa de relação (não somente com objetos, mas com a comunidade e com o mundo), um mundo de atividade sistemática e de resposta global sobre o qual se funde todo nosso sistema cultural” [BAUDRILLARD 68, pág. 233]. Em conseqüência, é na medida em que todo um leque de objetos é oferecido ao consumidor que ele ultrapassa a estrita necessidade da compra e se envolve emocionalmente na busca pela satisfação de outras necessidades.

Na verdade, a presença dos objetos com os quais convivemos cotidianamente é fundamental para nossa relação com o mundo. Nós nos servimos dos produtos para trocar e nos comunicar com o meio e com os outros. Como colocam DEJEAN e SOLER, o produto é uma ligação entre as pessoas através do tempo e do espaço [DEJEAN e SOLER, 1997]. Os objetos são então os mediadores das nossas trocas com o mundo, fazendo com que nos apropriemos deles, representando eles próprios um sistema complexo constituído de vários elementos. Em conseqüência, o desenvolvimento dos produtos é também um processo extremamente complexo, mediador da satisfação dos interesses da produção e dos consumidores.

Deparamo-nos com uma realidade extremamente paradoxal, pois apesar de toda a importância da existência dos objetos, a lógica desse sistema **produção/design/consumo** provoca conseqüências ambientais bastante significativas. A constância desses danos revela a fragilidade do meio ambiente e acaba por colocar em questão a evolução desse processo.

2.2- O meio natural

Dois gêneros de danos resultantes da produção industrial podem atingir o meio natural:

- **o esgotamento dos recursos naturais** renováveis e não-renováveis;
- **a poluição** do ar, das águas, do solo, além da poluição causada pelo lixo.

É importante sublinhar que, sem dúvida, a aplicação dos métodos de eco-design ajudam a diminuir esses efeitos negativos ligados aos produtos de consumo.

2.2.1- Esgotamento dos recursos naturais

Os recursos naturais dizem respeito às reservas minerais, fósseis, vegetais e animais, que podem ser severamente comprometidas pela exploração/uso intensivo dos recursos não-renováveis, ou pela exploração/uso não-controlado dos recursos renováveis.

A atividade industrial é pois a causa principal desses danos, graças à sua potência e à rapidez de exploração. Além do mais ela provoca efeitos negativos também em função da poluição produzida durante todas as fases do seu ciclo de vida.

2.2.2- Poluição

A poluição diz respeito ao derramamento de substâncias ou de energia (especialmente energia atômica) no meio ambiente, provocando a contaminação ou a alteração da saúde, da qualidade de vida ou do funcionamento dos ecossistemas. A poluição pode atingir a atmosfera, a água, o solo, sendo também resultante do lixo. A combustão do carbono, do petróleo e de seus derivados é assim a principal responsável pela maioria das poluições atmosféricas. A poluição hídrica é resultante do derramamento de substâncias químicas e orgânicas, de lixo e de águas quentes da indústria, assim como, de águas usadas urbanas e outros resíduos que consomem oxigênio, além dos fertilizantes e pesticidas agrícolas que poluem também as águas subterrâneas e o solo. Com relação aos solos, a erosão é a principal degradação, mas a salinização e a acidificação também podem ser provocadas por resíduos agrícolas, por resíduos de depuração, chuvas ácidas e contaminações radioativas. A poluição pode resultar de todas as fases do ciclo de vida dos produtos: da exploração de matéria-prima, da transformação desta matéria, da fabricação do produto e de seu transporte, de seu uso e tratamento após o descarte ou de seu lixo final.

O lixo é igualmente uma fonte de poluição, podendo ser produzido por atividades agrícolas, pela construção civil, pela combustão de materiais e pela atividade doméstica. No que se refere às atividades industriais, trata-se de resíduos químicos, de resíduos de pintura, de areias usadas, de escórias e refugos, e também dos produtos descartados. O despejo desses resíduos em aterros e lixões e o seu tratamento por reciclagem ou incineração também podem constituir fontes de poluição.

As poluições e o esgotamento dos recursos naturais atingem a escala planetária, repercutindo de forma decisiva sobre o plano social e pessoal. Essas perturbações fazem surgir discursos alusivos à busca pela qualidade de vida. Com relação aos produtos, a qualidade de vida pode ser avaliada em três níveis: *sensorial, espacial e cultural*.

2.3- O meio sensorial, espacial e cultural

Trata-se da busca pela qualidade de vida humana. Isto faz referência à interação também complexa dos diversos elementos do bem-estar, proporcionados ou ameaçados pela produção industrial; de um lado, os benefícios e conforto proporcionados pela apropriação e pelo prazer de uso de uma variedade de produtos oferecidos pela indústria, de outro lado, as desordens provocadas ao espaço, ao silêncio, à qualidade do ar e da água, à qualidade do meio ambiente físico e social em geral. Todos esses fatores representam, na verdade, nada mais que conseqüências de uma relação extremamente imbricada e paradoxal entre pessoas e objetos. O desafio: minimizar as sensações de mal-estar provocadas por essa relação, favorecendo a melhoria da qualidade de vida, do bem-estar e do prazer humanos.

2.3.1- O prazer

A relação com os objetos é fundamental para nossas trocas com o meio e com os outros. Nós nos apropriamos dos objetos, de suas funcionalidades, de sua precisão de funcionamento, das facilidades de uso, da rapidez de comunicação proporcionadas por eles, etc. Tais sentimentos positivos em relação aos produtos são simplesmente a expressão do prazer.

Nossa apropriação pelos produtos se faz simultaneamente através do “desenho” dos objetos: sua representação formal, texturas, linhas e cores e, através de sua “significação”: sua função de uso (trabalho, lazer, etc.) e sua função estética (ornamentação, identificação e distinção baseadas em princípios sócio-culturais). Desta forma, os objetos suscitam em nós ao mesmo tempo valores de uso e valores de estima que lhes são intrínsecos. Na realidade, os objetos manifestam uma espécie de materialidade da racionalidade humana, reproduzindo sempre sua complexidade e seu aspecto contraditório. A multiplicidade e diversidade apresentadas pelos produtos correspondem, assim, a um prolongamento daquilo que é permanente no ser humano, i.e., o conflito e a diferenciação que ele tem de transcender permanentemente. Essa relação pessoa/produto nos permite chegar à singularidade através da apropriação de um repertório específico e individual de objetos. Mas, ao mesmo tempo e pela presença de certas combinações e de certos estilos, ela nos permite estabelecer

a comunicação com o outro e alcançar a universalidade. Os objetos agem, assim, como nossos mediadores.

Este fenômeno de mediação e de apropriação dos objetos se dá através da percepção, quando da interface com os produtos, da totalidade da combinação de linhas, de tipologias e de cores, de estilos e de modo de uso. A totalidade permite a escolha do objeto, dentre uma variedade de opções e de acordo com um conjunto de valores que capacitam o usuário a julgar a necessidade de aquisição daquele objeto. Este conjunto compreende os valores de uso, de estima e também a avaliação da relação custo/benefício que são definidos segundo regras e códigos sociais, baseados em critérios imprecisos e as vezes ambíguos. Tal ambigüidade está especialmente ligada ao prazer que experimentamos em relação aos produtos.

Apesar de, no caso dos objetos, a noção de prazer estar quase sempre associada à **simplicidade de uso**, normalmente identificada nos conceitos de eficácia, conforto, adequação de necessidades, etc., segundo DEJEAN e SOLER ela é dependente de variáveis positivas que agem como catalisadores, mas também de variáveis negativas que se comportam como neutralizantes. Por exemplo, com relação ao ganho de tempo na aprendizagem, a facilidade de uso proporcionada pelo acesso aos serviços oferecidos pelos produtos é vista de uma forma bastante positiva. Porém, quando se trata da valorização do indivíduo, das relações de poder, das experiências culturais ou da redução de número de empregos, a simplicidade de uso assume um aspecto bastante negativo. Nestes casos, em que se trata de valorizar o poder, o saber ou as questões éticas, é a **dificuldade de uso** que é apreciada [DEJEAN et SOLER, 1997] [DEJEAN, 2000].

A idéia de prazer, sentida pela dificuldade de uso ou sentida pela facilidade de uso, é fundamental para adoção de uma atitude ambiental por parte dos consumidores. A performance ambiental de uma solução adotada para um dado produto será bem melhor se proporcionar sentimento de prazer ao usuário. Exemplos podem ser dados:

- o prazer de ajudar alguém. A taxa considerável de reciclagem de latinhas de alumínio no Brasil (aproximadamente 65%) se deve em grande parte ao fato de, no início dos programas de coleta, numerosas campanhas terem sido dirigidas para a ajuda de hospitais com a venda do material a usinas de reciclagem. O mesmo pode ser observado atualmente na França com relação à coleta doméstica e voluntária de tampinhas (em polietileno - PE) de garrafas plásticas de água mineral, visando a ajuda de pessoas portadoras de deficiência;
- o prazer do ganho econômico. Um exemplo é o programa de troca de lixo implantado em algumas cidades brasileiras, em que uma certa quantidade de lixo de embalagem é trocada por bilhetes de ônibus, produtos agrícolas da estação ou ainda por material escolar. O mesmo princípio também foi implantado na França pela rede de supermercados Carrefour e a empresa

Pelikam, fabricante de cartuchos de impressoras. Para cada cartucho entregue ao supermercado, o consumidor recebe um vale-compra de 5 francos, sendo 1 franco reservado à organização ecológica WWF (World Wild Found);

- o prazer adquirido por um sentimento de ordem moral. A contribuição financeira ao WWF é um exemplo. Mas, além deste, pode-se citar o programa de coletas de pilhas usadas organizado por um outro supermercado francês. Neste caso, trata-se simplesmente de uma campanha com fins publicitários que tenta convencer os consumidores com o slogan “Nós agimos em favor do meio ambiente” e fornecendo informações técnicas e educativas sobre as vantagens ecológicas da coleta.

Sob esta perspectiva, o projeto de produto ocupa um lugar fundamental porque ele intervém exatamente nesta relação ambígua entre produtos e pessoas. O design é inovador quando proporciona uma maneira de uso adaptada à uma situação, seja de uso simples ou difícil, seja de valor de estima ou de uso, mas que proporcione sempre prazer, como por exemplo, a satisfação de uma demanda contínua de melhoria de bem-estar.

Além do prazer, o bem-estar também está ligado a outros fatores sensoriais e relativos a valores espaciais e culturais.

2.3.2- Poluição visual

Os sentidos permitem nossa comunicação com o mundo exterior. Eles desempenham as funções de proteção, em consequência, são capazes de avaliar a qualidade de vida com relação ao meio e aos objetos com os quais estabelecemos contato [COIMBRA, 1985].

Quando falamos de poluição visual fazemos alusão ao mal-estar e à opressão visual provocada pelo excesso ou a escassez de luz, de cores ou de imagens, assim como às reações psicossomáticas veiculadas por estas sensações. O excesso de vermelho, por exemplo, pode ser muito excitante; o cinza aplicado em grandes superfícies pode provocar efeitos depressivos. Por outro lado, a sensação negativa sentida face à degradação de uma exploração de minério também diz respeito à poluição visual. Sem considerar as agressões físicas sentidas pela poluição atmosférica: as irritações provocadas por gases, fumaças e poeiras e as doenças causadas por fontes de radiação.

2.3.3- Poluição olfativa

Podemos falar de poluição olfativa quando odores indesejáveis apresentam consequências negativas sobre a saúde e o bem-estar. Apesar de existirem poluentes muito perigosos e completamente inodoros, e apesar de

certos maus cheiros não terem efeitos tóxicos, o olfato funciona como um dos detectores da poluição atmosférica. Por outro lado, mesmo sendo não tóxicos, os maus cheiros, além de provocarem mal-estar, podem representar sinal de perigo, no caso de lixo, por exemplo, na medida em que ele alimenta vetores de doenças.

2.3.4- Poluição cutânea

Podemos denominar “poluição cutânea” as irritações sofridas pela pele: as alergias dérmicas ou as doenças cutâneas provocadas pela poluição atmosférica e por contaminações químicas. Todavia através do tato podemos sentir as mudanças de temperatura e de pressão, as sensações de carícia, de dor, de movimento, de espaço, de cansaço, enfim, de bem e mal-estar.

2.3.5- Poluição sonora

Assim como o tato, a audição também ajuda na percepção do espaço através da sensação de equilíbrio e de segurança, mantendo o organismo posicionado corretamente. As perturbações sonoras, além de causarem sensação de mal-estar, podem influenciar seriamente na coordenação motora do corpo. Depois da visão, a audição é o sentido mais sujeito a contrastes, sendo o ruído dos centros urbanos o principal fator de poluição sonora.

2.3.6- Impactos espaciais

Como vimos, a degradação da paisagem pode se enquadrar na esfera da poluição visual, mas ela pode também ser tomada nas considerações dos impactos em nível espacial, i.e., a qualidade avaliada pela presença das pessoas no espaço: a vida cotidiana, a habitação, o trabalho, o lazer, o deslocamento, etc. Sob este ângulo a degradação da paisagem pode atingir o meio rural e o meio urbano, por exemplo, a decorrente dos impactos de ordem sócio-econômica provocados pelo desmatamento ou a vulnerabilidade das construções irregulares nas favelas das grandes cidades. Por outro lado, os danos cometidos contra o meio natural são atemporais e sem fronteiras e se repercutem sempre sobre o meio social. As conseqüências da exploração maciça dos recursos naturais podem atingir as gerações futuras. Chuvas ácidas podem se precipitar sobre cidades e populações localizadas a milhares de quilômetros do ponto de emissão de substâncias tais como dióxido de enxofre e óxido de nitrogênio. O lixo industrial e nuclear pode ser estocado em continentes muito distantes do lugar onde foram produzidos.

Outro problema relacionado aos impactos espaciais diz respeito ao desequilíbrio entre as escalas local e global das atividades da sociedade. Trata-se do contraste existente entre a esfera econômica, que opera cada vez mais em escala mundial, e o resto das atividades humanas enquadradas em domínios socioculturais que se estabelecem em escala nacional, senão local [CODUR, 96].

O exemplo das embalagens nos mostra claramente este desequilíbrio: seu projeto e a definição dos materiais empregados é normalmente definido em uma escala global, enquanto que as enormes quantidades de lixo produzidas são geridas numa escala menos abrangente, a do município. Isto implica sistemas de tratamento complexos e variáveis. O processo de coleta e triagem, assim como a reciclagem realizados em escala local apresentam problemas extremamente difíceis de serem resolvidos e diferentes daqueles visualizados em outra escala na fase de projeto. Além disso, a imposição de produtos padronizados para mercados globalizados pode gerar mudanças de comportamento consideráveis e conflitos sociais sérios.

2.3.7- Impactos culturais

De fato, os objetos são receptáculos de valores simbólicos, determinados por profundas experiências culturais. Eles complementam os gestos que produzem as sensações e as emoções e que representam, enfim, um conjunto completo de informações. As mudanças de comportamento ocorrem quando o patrimônio destas informações veiculadas pelos gestos começam a se perder, i.e., quando práticas de uma única cultura se impõem como modelo universal, quando vemos o surgimento de uma padronização de produtos, de publicidade e de hábitos. Este processo de padronização e de desarraigamento cultural nos afeta a todos profundamente, mesmo que de forma sutil. Em conseqüência, forma-se um desequilíbrio entre inovação e tradição que influencia diretamente a preservação das características próprias de cada sociedade. Desenvolver produtos em acordo com repertórios culturais específicos torna-se também um eixo do meio ambiente, favorável a uma sustentabilidade cultural.

Considerações finais

O presente texto tentou mostrar que a questão da integração de fatores ambientais no design de produtos é algo bem mais amplo, por isto deve ser encarada de forma mais estratégica no processo.

Os benefícios trazidos pela industrialização dizem respeito à satisfação das necessidades e a melhoria da vida das pessoas de uma maneira geral e abrangente. É porque o desenvolvimento industrial se estende em todas

as direções que ele tende a satisfazer um maior número de necessidades para um maior número de indivíduos. Contudo, se por um lado os efeitos da indústria são positivos, não negligenciáveis e aclamados com veemência, por outro lado eles são motivo de protestos por causa de seus aspectos negativos que ocasionam danosos efeitos ambientais. Se a implantação de métodos e procedimentos que levam em conta os aspectos ecológicos no design de produtos é de extrema importância, ajudando a minimizar os danos, observamos que a aplicação desta abordagem, pura e simplesmente não é satisfatória. Responder as exigências legislativas e normativas não é tudo para resolver os numerosos problemas ambientais que subsistem em relação aos produtos de consumo. Uma ótica mais global, que visualize os diversos fatores ambientais, do meio material, do meio natural e do meio sensorial, espacial e cultural, representa um novo componente a ser integrado no processo de projeto de produto. Por outro lado, a questão ambiental e do desenvolvimento sustentável se inscrevem no âmbito dos sistemas complexos, pois somente através da interação e da cooperação de diversos atores, com interesses comuns e contraditórios, é que as melhores soluções para os problemas poderão ser propostas e implantadas. É preciso, pois, que os atores envolvidos, internos ou externos à cadeia de produção, e a complexidade informacional, organizacional, relacional ou existencial, assim como os outros fatores citados acima, sejam considerados como parte integrante do projeto de produto.

Isto permitirá que as proposições nasçam de um raciocínio, *a priori*, sustentável ambientalmente e não que elas sejam adaptadas, *a posteriori*, aos critérios ecológicos.

Breve currículo

A autora, graduada em Desenho Industrial pela FUMA (atual Escola de Design da UEMG), é doutora em “Ciências Mecânicas”, na especialidade Projeto de Produto e Meio Ambiente, pela UTC - Universidade de Tecnologia de Compiègne, França. Coordena o curso de graduação em Desenho Industrial da UNIPAC - Universidade Presidente Antônio Carlos em Ubá, MG e é pesquisadora do Núcleo da Madeira da Escola de Design/UEMG. E-mail: andreafranco@taskmail.com.br

Bibliografia

- ADDA, S. et JEAN, P. Presentation of EIME methodology and its adaptation to Japanese requirements. In : *EcoDesign'99 - First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*. Tóquio, fev. 1999.
- ADEME. Conception de produits et environnement : 90 exemples d'éco-conception. Connaître pour agir. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'énergie. ADEME Éditions, Paris, 1999.

- AFNOR. Norme ISO 14040 : Management environnemental. Analyse du cycle de vie - Principes et cadre. AFNOR, Paris, setembro, 1997.
- ÅKERMARK, Anne-Marie. Design for Environment from Designers Perspective. In : *EcoDesign'99 - First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing.* Tóquio, fevereiro 1999, Págs. 47-50.
- ARTAKI, Iris. Research Trends in Lead-Free Soldering in the U.S.: NCMS Lead-Free Solder Project. In: *EcoDesign'99 - First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing.* Tóquio, fevereiro 1999, Págs. 602-605.
- BAUDRILLARD, Jean. Le système des objets : la consommation des signes. Ed. Gallimard, 1968. 239 Págs..
- BREZET, Han ; STEVELS, Ab et ROMBOUTS, Jeroen. LCA for EcoDesign : The Dutch Experience. In : *EcoDesign'99 - First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing.* Tóquio, fevereiro 1999, Págs. 36-40.
- BERTALANFFY, Ludwig von. Théorie Générale des Systèmes. Original : General System Theory, New York, 68. Dunod, Paris, 1993. 308 Págs..
- BUREAU VERITAS - Brasil. Curso: Gestão Ambiental - ISO 14000. Departamento de Qualidade, Segurança e Meio Ambiente, Bureau Veritas Brasil, SP, março 1998.
- CHEVALIER, Catherine. Conflit et théorie des systèmes : Contribution à une théorie des systèmes complexes. Thèse de doctorat. Université de Technologie de Compiègne, outubro, 1996.
- CODUR, Anne-Marie. La relation société-environnement dans une approche systémique : contribution à la définition du concept de développement durable. Thèse de doctorat. Institut d'Études Politiques de Paris, setembro, 1996.
- COFFIN, Florent. Méthodologie de conception coopérative de produit complexe : Application au développement d'un prototype d'un système intelligent de copilote automobile. Thèse de doctorat. UTC, Compiègne, outubro 1995.
- COIMBRA, José de Ávila. O outro lado do meio ambiente. CETESB, SP, 1985. 104 p.
- GIRAULT, Patrick. Rapprochement entre métiers. In : Cours UTC DI05. Compiègne, outono, 1997.
- DEFORGE, Yves. Éthique et technique, de la modération dans la conception des produits industriels. 1997 (texto não publicado).
- _____. Pour un design idéologique. In : Séminaire 2 du CONFERE, École de Mines de Paris, 1992.
- DEJEAN, Pierre-Henri. Difficulté et plaisir ? Séminaire à Copenhague, abril, 2000.
- DEJEAN, Pierre-Henri et SOLER, D. La simplicité d'usage dans 20 ans, quelles technologies ? Document Bertin, 14 março, 1997.
- FRANCO PEREIRA, Andréa et DEJEAN, Pierre-Henri. Design and environment: taking into account the interactions between the social actors. The case of domestic packaging. In: *Design plus Research Symposium.* Milão, maio 2000. Págs. 411-417.
- FRANCO PEREIRA, Andréa. Emballages ménagers et environnement : la conception issue de l'écodesign. Mémoire de DEA Sciences de l'Homme et Technologie, UTC - Université de Technologie de Compiègne, setembro, 1998.
- HALADA, Kohmei. Progress of ecomaterials research towards Sustainable Society. In : *EcoDesign'99 - First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing.* Tóquio, fevereiro 1999, Págs. 212-215.
- HASHITANI, Takafumi. Biodegradable plastics for LSI Shipping Materials. In : *EcoDesign'99 - First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing.* Tóquio, fevereiro 1999, Págs. 236-240.
- IJOMAH, Winifred L. et BENNETT, Jan P. Remanufacturing: Evidences of Environmentally Conscious Business. In : *EcoDesign'99 - First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing.* Tóquio, fevereiro 1999, Págs. 192-196.
- JILKEN, Leif. Recoverable Composite Material made of Thermoplastics Waste Combined with Organic Fibres. In : *EcoDesign'99 - First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing.* Tóquio, fevereiro 1999, Págs. 555-557.
- LINDAHL, Mattias. E-FMEA – A new Promising Tool for Efficient Design for Environment. In : *EcoDesign'99 - First International Symposium on*

- Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*. Tóquio, fevereiro 1999, Págs. 734-739.
- LE CARDINAL, Gilles et RIGBY, Julie. Intervention Methodology for Complex Problems : the FAcT-Mirror Method. In: *HCP'99 Methodology and/or applied mathematics*. Brest, setembro, 1999.
- LE CARDINAL, Gilles ; GUYONNET, Jean-François ; POUZOULLIC, Bruno. La dynamique de la confiance. Dunod, Paris, 1997. 244 p.
- LE CARDINAL, Gilles. L'Homme communique comme unique. Modèle systémique de la communication interpersonnel finalisée. Thèse pour l'habilitation à diriger des recherches. Université de Bordeaux 3, 1898.
- LE MOIGNE, Jean-Louis. La modélisation des systèmes complexes. 2^{ème} Édition. Dunod, Paris, 1995.
- _____. La théorie du système général : théorie de la modélisation. 4^o Édition. Presses Universitaires, Paris, 1994.
- MANFREDI NAVEIRO, Domingos. Conceitos de Design. In: *Design para a competitividade : recomendações para política industrial no Brasil*. CNI, São Paulo, 1996.
- MANZINI, Ezio. Strategic Design for Sustainability : Towards a New Mix of Product and Services. In: *ÉCODESIGN'99, First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*. February 1-3, Tóquio, fevereiro 1999, Págs. 434-437.
- _____. As ferramentas culturais para uma ecologia do ambiente artificial. Trad. Mary Lou Paris (palestra do Scandinavian Design, 1990). *Rev. Design & Interiores*, São Paulo, n.31, p.79-81, set./out. 1992.
- _____. Limites e possibilidades do ecodesign. Trad. Anita Regina di Marco (Seminário Projeto, Produto, Ambiente - Curitiba, 1990). In: *Revista Design & Interiores*, São Paulo, n.22, p.90-93, jan.1991.
- MORIN, Edgar. Introduction à la pensée complexe. Collection Communication et complexité. ESF Éditeur, Paris, 1991. 158 p.
- _____. La Méthode. Tome 1 : La nature de la nature. Éditions Seuil, Paris, 1977.
- OLIVEIRA, Ana Raquel Arca V. ISO 14000 relações de mercado: meio ambiente e consumidor. In: Congresso Mineiro de Direito do Consumidor, Belo Horizonte, 1996, p. 67-69.
- QUARANTE, Danielle. Éléments de design industriel. Polytechnica, Paris, 1994.
- SOLEM, Knut Erik et BRATTEBO, Helge. Industrial Ecology and Decision-making. In: *EcoDesign'99 - First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*. Tóquio, fevereiro 1999, Págs. 178-183.
- SHERWIN, Chris et BHAMRA, Tracy. Beyond Engineering: Ecodesign as a proactive approach to product innovation. In: *EcoDesign'99 - First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*. Tóquio, fevereiro 1999, Págs. 41-46.
- THIARD, A. Environnement, normalisation et certification : un nouveau défi. In: *Séminaire Conception de Produit et Environnement*. CONFERE, 1991.
- TOMIYAMA, Tetsuo. The Post Mass Production Paradigm. In: *EcoDesign'99 - First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*. Tóquio, fevereiro 1999, Págs. 162-167.
- UMEDA, Yasushi. Key Design Elements for the Inverse Manufacturing. In: *EcoDesign'99 - First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*. Tóquio, fevereiro 1999, Págs. 338-343.
- VENTÈRE, Jean-Paul et PUYOU, Jean-Baptiste. La conception écologique des produits. Ministère de l'Environnement, Paris, outubro, 1996.
- WALKER, Stuart. The Environment, Product Aesthetics and Surface. *Rev. Design Issues*, Cambridge, Massachusetts, v.11, n.3, p.15-27, outono, 1995.
- WANIER, Jean-Pierre. L'industriel et l'authentique. In: *" Dessiner le future " et " Penser le future "* Organisés par J. De Noblet. Peugeot Citroën – Direction des Recherches et affaires scientifiques.
- WIMMER, Wolfgang. The ECODESIGN Checklist Method: A Redesign Tool for Environment Product Improvements. In: *EcoDesign'99 - First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*. Tóquio, fevereiro 1999, Págs. 685-688.