

APLICAÇÃO DAS NOÇÕES DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, DO MEIO AMBIENTE E DA SISTÊMICA AO DESIGN INDUSTRIAL DE PRODUTOS: UMA ABORDAGEM DE “MACRODESIGN”¹

Andréa Franco Pereira
PhD - Design Industrial e Meio Ambiente
afranco_pereira@hotmail.com

Palavras-chave

produtos; ciclo de vida; meio ambiente; complexidade; eco-design; macrodesign

1 - Introdução

Este artigo resume a pesquisa de tese de doutorado, defendida recentemente pela autora.

A tese concerne a consideração do *desenvolvimento sustentável* no design de produtos, isto é, a consideração da continuidade das atividades de produção industrial, da preservação da natureza e da busca de qualidade de vida individual e coletiva.

Apesar da existência de várias ferramentas dirigidas à aplicação do *eco-design*, os problemas ambientais subsistem. Isto se explica pelo fato de que tais ferramentas tratam somente dos aspectos ecológicos do problema e não consideram as implicações relativas à complexidade das interações dos atores presentes em todo o ciclo de vida dos produtos.

Uma modelização do ciclo de vida do produto foi realizada a fim de serem identificados os efeitos ambientais, as complexidades inter-relacionais e os paradoxos do sistema.

Os estudos de caso pesquisados referiram-se às fases iniciais e finais do ciclo de vida do produto: a exploração de madeiras da Amazônia e a produção de lixo de embalagens domésticas.

Estes estudos confirmam que a complexidade sistêmica não é levada em conta na fase de design dos produtos. Dois níveis de complexidade puderam ser identificados: 1) organizacional, relativo à coleta e triagem do lixo de embalagem, o que dificulta o tratamento final dos materiais e 2) informacional, ligado à transferência de informação relativa às possibilidades de uso oferecidas pela diversidade das madeiras da Amazônia.

Um classificador de madeiras é proposto, permitindo o conhecimento, pelos designers, das qualidades da diversidade dessas madeiras e permitindo sua combinação ou substituição. O aproveitamento da diversidade das madeiras da Amazônia contribui para a exploração sustentada da floresta e permite aumentar a oferta de produtos para o consumidor, em função das características sensoriais das madeiras menos conhecidas ou desconhecidas.

A produção industrial sustentada pode assim ser justificada pela renovação da matéria-prima e pela aprovação do consumidor face a um leque mais amplo de produtos. Esta primeira contribuição mostra que é possível sair do paradoxo marcado pelo crescimento do conhecimento científico mas que é, contudo, ineficiente com relação ao crescimento concomitante dos danos ambientais.

¹ - Tese de doutorado financiada pelo CNPq.

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 ». Tese de doutorado, Université de Technologie de Compiègne (França), junho, 2001.

2 - Hipóteses

A pesquisa foi dirigida de acordo com as seguintes hipóteses:

- A imposição de regulamentos e normas, assim como a consideração somente de fatores ecológicos não são suficientes para o design de produtos baseado em uma orientação de desenvolvimento sustentável.
- Minimizar os efeitos negativos causados ao meio ambiente pelo processo de produção/consumo de produtos, implica a consideração, antecipada na fase de design, das complexidades inter-relacionais existentes entre os atores do sistema.
- Diversos atores interagem entre si ao longo do ciclo de vida do produto equilibrando interesses individuais e coletivos, comuns ou contraditórios, que podem gerar situações paradoxais coercitivas para o desempenho adequado das soluções adotadas no design dos produtos.
- A representação do sistema do ciclo de vida do produto permitirá trazer à fase de design os danos ambientais eventualmente provocados, assim como, os entraves causados pelos paradoxos inter-relacionais existentes no sistema.

3 - Metodologia

A pesquisa associou a coleta e a formalização de um conteúdo teórico à uma abordagem de modelização sistêmica. Este primeiro trabalho permitiu construir um procedimento de modelização que pode ser então passado à aplicação a partir de dois estudos representativos das fases iniciais e finais do ciclo de vida do produto. A validação do trabalho se fez através de um processo iterativo entre a pesquisa teórica, a aplicação do modelo e a confrontação dos resultados à comunidade científica através de publicações e participações em eventos científicos. [F. PEREIRA et DEJEAN 2000] [F. PEREIRA 98] [L. SANTOS et F. PEREIRA 99]

O caráter sistêmico e a complexidade intrínsecos ao problema foram notados imediatamente: a questão ambiental consiste em um tópico ao mesmo tempo político e econômico, coletivo e individual, multidisciplinar e interdisciplinar, e as soluções mais adequadas resultam certamente do equilíbrio entre vários fatores e vários pontos de vista diferentes.

A pesquisa foi desenvolvida sob o paradigma da complexidade, adotado graças à contribuição teórica trazida à compreensão da complexidade dos sistemas técnico-humanos e ao apoio metodológico fornecido à modelização sistêmica. [BERTALANFFY 93][CHEVALIER 96][LE CARDINAL GUYONNET et POUZOULLIC 97][LE MOIGNE 94 e 95][MORIN 77 e 91]

O estudo teórico relativo ao Design Industrial, no contexto do desenvolvimento sustentável, foi conduzido paralelamente ao procedimento de exploração e observação dos casos analisados. [ADDA et JEAN 99][ÅKERMARK 99][BAUDRILLARD 68][BREZET, STEVELS, ROMBOUTS 99][DEFORGE 92 e 97] [MANZINI 99][SOLEM et BRATTEBO 99][TOMIYAMA 99][UMEDA 99][VENTÈRE et PUYOU 96] [WALKER 95][WIMMER 99]

O objetivo consistia, primeiramente, da compreensão da evolução do conhecimento relativo à natureza, ao meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável. Isto para entender a trajetória da formação do paradoxo existente entre exploração e preservação da natureza. [ABNT 96][CODUR 96] [LARRERE 97][LOVELOCK 90][PNUE 72 e 92][SACHS 80 e 97]

Em seguida, do entendimento da evolução da consideração das questões ambientais no design industrial para identificar a importância desta consideração com relação às incoerências apresentadas.

Finalmente, da construção de um modelo (ver figura 1) permitindo levar em conta estas incoerências no design de produtos. Esta modelização foi completada e testada em dois estudos de caso, representando o ciclo de vida do produto, a partir de dois problemas ambientais principais:

- a) a produção de lixo resultante da fabricação/consumo de embalagem - fase final do processo;
- b) a exploração das madeiras tropicais da Amazônia e seu uso na indústria de produtos - fase inicial do processo - exploração de matéria-prima.

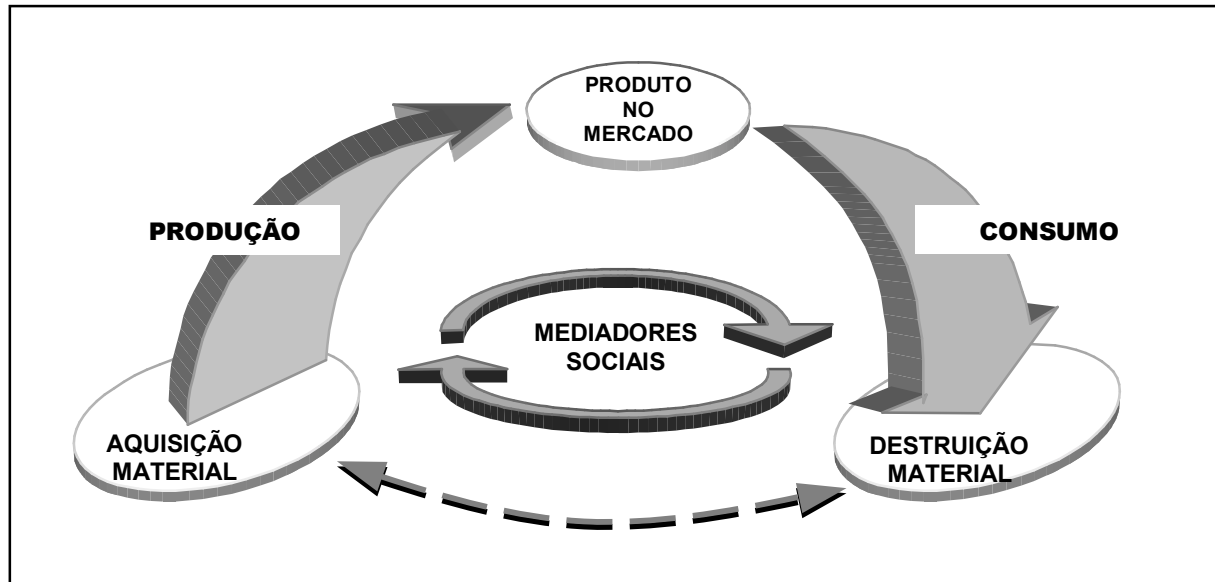


Figura 1 - Modelo Final

4 - Desenvolvimento sustentável, complexidade sistêmica e design industrial

Os problemas ambientais provocados ou agravados pela industrialização dos produtos de consumo são ligados a todas as fases do ciclo de vida do produto, mas também às interações desenroladas entre os atores internos ou externos à cadeia produção/consumo.

A abordagem teórica permitiu a verificação desta premissa observada nos seguintes pontos:

- 1) a adoção da orientação do desenvolvimento sustentável se inscreve no âmbito da moral e da política. Porém, a imposição de regulamentos pelo Poder Público não é suficiente para alcançar a expectativa da sociedade em termos de meio ambiente. Embora a questão se enquadre numa escolha política, todos os setores da sociedade participam ativamente;
- 2) com relação aos produtos de consumo, o setor produtivo se compromete propondo normas e princípios a serem seguidos, mas estes possuem normalmente uma abordagem muito centrada nos aspectos ecológicos do meio ambiente no ciclo de vida do produto. Na perspectiva do desenvolvimento sustentável a questão ambiental deve ser levada em conta em seus aspectos naturais e humanos (sensorial, espacial, cultural) de um modo equilibrado com a atividade produtiva (ou material):
 - ambiente natural - o esgotamento do recurso natural, a poluição e a produção de lixo;
 - ambiente humano - o bem-estar e o prazer, poluições (sensoriais), os impactos espaciais e culturais;
 - ambiente material: a continuidade da atividade de produção e o consumo de produtos.
- 3) a questão ambiental e do desenvolvimento sustentável se inscreve no âmbito dos sistemas complexos pois, é através da interação e da cooperação de vários atores (com interesses comuns e contraditórios) que as melhores soluções para os numerosos problemas e conflitos são propostas e colocadas em prática. Sendo assim, é necessário levar em conta os atores envolvidos e a complexidade das interações desenroladas entre eles:

- atores envolvidos
 - internos à cadeia do ciclo de vida do produto (os interesses são individuais, é importante a apropriação produtos)
 - externos à cadeia do ciclo de vida do produto (os interesses são relativos à sociedade e ao bem-estar coletivo)
 - complexidades inter-relacionais: informacional, organizacional, relacional e existencial.
- 4) estes aspectos devem ser considerados como parte integrante do processo de design.
As ferramentas existentes são algumas contribuições externas, mais ou menos independentes do processo de design como um todo.
Torna-se necessário o desenvolvimento de um método que permite a integração da “perspectiva sustentável” ao processo do design, que encare sistematicamente, quantitativa e qualitativamente os problemas ambientais e os entraves resultantes da complexidade do sistema.

As questões ambientais devem ser levadas em conta como parte integral do processo de design, desde o início, de maneira que as proposições nasçam de um raciocínio *a priori* “sustentável”, ao contrário de serem *a posteriori* adaptadas aos problemas ambientais.

5 - Sistema, interações complexas e efeitos ambientais

A partir dos dois estudos, é possível observar que as finalidades a serem alcançadas são de ordem individual e coletiva e residem na satisfação de interesses relativos à ganhos econômicos, ao prazer do uso de um produto, à satisfação de necessidades e à busca de qualidade de vida pessoal e coletiva. O sistema do produto se estrutura ao redor de vários atores (ver figura 2) que, através do desempenho em comum de diversas atividades provocam a mudança e a evolução do sistema. É a interdependência destes atores na realização de projetos que fazem a complexidade do sistema.

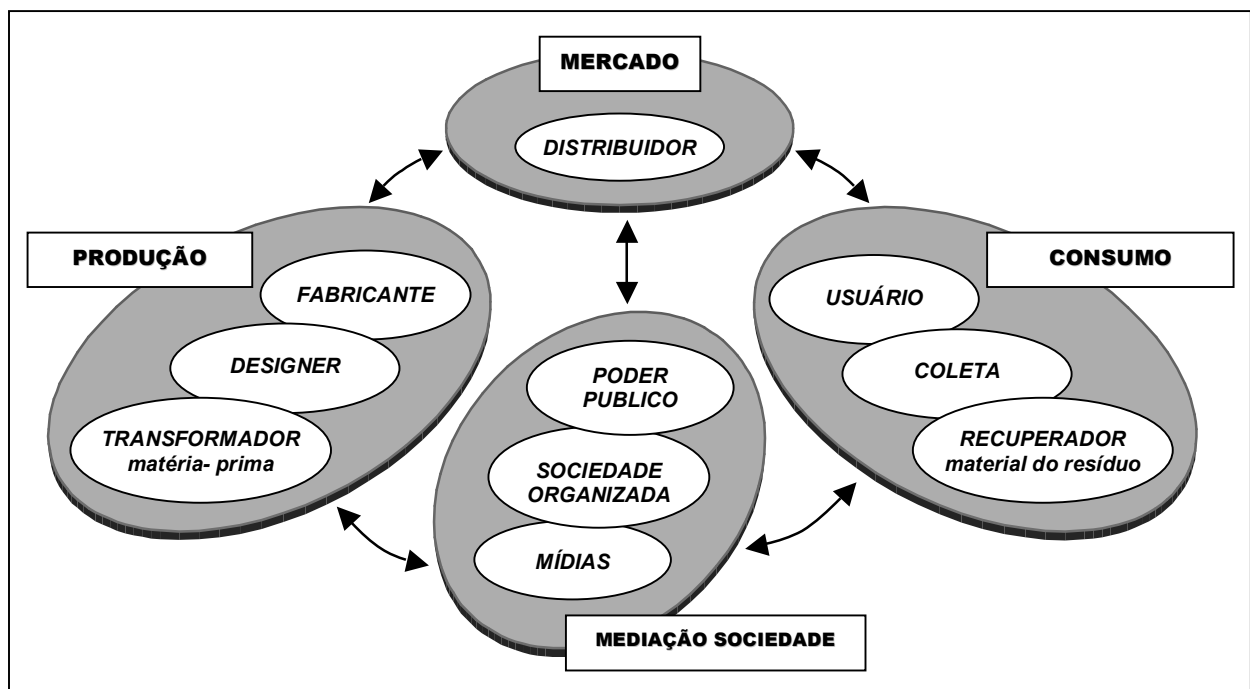


Figura 2 - Atores do sistema

Contudo, os interesses desses atores em interação, quando contraditórios, fazem aparecer situações paradoxais que podem levar a conflitos e a entraves do sistema. Desta forma, torna-se essencial identificar os dilemas e os paradoxos das interações, permitindo antecipar os entraves do sistema e as conseqüências geradas pelas soluções adotadas no design dos produtos.

No caso das embalagens domésticas e da produção de lixo, esta análise sistêmica permitiu identificar um paradoxo principal relativo à coleta e triagem do lixo. Embora os atores estejam preocupados e desejem uma solução para lixo, diferenças de interesses especialmente observadas na complexidade organizacional da coleta e triagem impedem o desempenho adequado das soluções propostas.[ADEME 97 e 98][ÉCO-EMBALLAGE 97 e 2000]Observa-se que esta complexidade não é considerada no projeto dos produtos pelos designers, que agem assim de um modo passivo não estimulando a mudança e a evolução do sistema.

No caso da exploração de madeira na Amazônia a complexidade observada diz respeito à transferência de informações relativas aos problemas de exploração e à diversidade das espécies.

Trata-se de um paradoxo entre uniformidade e diversidade. Se na lógica clássica de ganhos máximos o que conta é a regularidade da produção que permite a precisão de produtividade, na lógica do “sustentabilidade” o que conta é a preservação dos recursos permitindo a durabilidade da atividade e dos ganhos. O que está em jogo é a preservação da floresta natural e sua diversidade. É a qualidade, a diversidade das espécies produzidas que devem ser valorizadas. Significa que o ganho deve ser obtido certamente a partir da quantidade, mas também da diversidade.

Uma das razões da dificuldade da transferência de informação sobre a diversidade das madeiras reside no fato de que os dados técnicos, existentes para uma grande parte dessas espécies, são dirigidos para usos estruturais. Além disto, os dados existentes estão dispersos em diversos documentos e catálogos. [BANCO MUNDIAL 99] [FAO 99] [IBAMA 2000] [IBDF 88] [SMERALDI, VERÍSSIMO et al. 99]

O papel do design de produtos na valorização da diversidade da madeira é evidente, e até mesmo o setor industrial reconhece isto considerando todos os programas que são propostos para estimular o uso de novas espécies. Apenas 10% das espécies exploradas atualmente (aproximadamente 350 espécies) são verdadeiramente conhecidas e apreciadas pelo mercado.

Para que esses problemas sejam verdadeiramente superados, o conhecimento relativo aos efeitos ambientais e às complexidades inter-relacionais, existentes em todo o ciclo de vida do produto, devem ser cada vez mais levadas em conta pelos designers de produtos.

6 - Conclusão: uma abordagem de MACRODESIGN

A pesquisa demonstra que a abordagem de modelização sistêmica é aplicável ao desenho industrial, levando em conta as questões ambientais propostas pelo desenvolvimento sustentável.

Esta abordagem permite uma abertura das relações a outros atores do sistema não necessariamente ligados ao design. Isto amplia ainda mais o aspecto multidisciplinar do design industrial.

O exemplo de madeiras demonstra a importância destas influências. Foi através de uma visão voltada para a exploração da matéria-prima que foi possível obter uma nova idéia do papel do design e entender que a falta de conhecimentos mais abrangentes impede uma intervenção mais global e interativa dos designers no sistema.

Esta abordagem sistêmica propicia a relação dos designers com outros atores do sistema, favorecendo a compreensão das complexidades e dos entraves coercitivos das decisões tomadas e das soluções adotadas. Esta postura consiste, na realidade, de uma visão macro para o design, permitindo ao mesmo tempo um olhar global do ciclo de vida do produto e a consideração de novos conhecimentos antecipadamente no processo de desenvolvimento de produtos.

Com relação aos designers, a pesquisa permite sustentar que a abordagem do MACRODESIGN traz vários benefícios:

- 1) o conhecimento mais amplo do ciclo de vida do produto e, por conseguinte, a aquisição de novos conhecimentos globais e originais para a atividade do design;
- 2) maior controle do sistema do ciclo de vida do produto permitindo prever as conseqüências ambientais causadas pelas decisões tomadas;

- 3) uma mudança de olhar, novas possibilidades de intervenção e de adoção de soluções mais estratégicas e mais eficientes da parte dos designers;
- 4) uma abertura às atividades de organização de novas informações, à gestão dessas informações e à relação com atores diferentes;
- 5) uma capacidade mais determinante de intervenção nas tomadas de decisão preliminares.

O produto analisado sob uma ótica de macroconception pode levar a proposições mais adequadas logo no início do processo projetual. Trata-se de procedimentos de organização sistemática da informação. O caso das madeiras da Amazônia configura esta idéia em que a solução proposta de um classificador para as espécies consiste em uma contribuição para a transferência de informação aos designers. (Ver fichas do classificador abaixo).

Nome :		(foto da madeira)				Gra :	
Científico :						Textura :	
Cor :						Figura :	
Codigo Munsell :							
1 PROPRIEDADES / CARACTERÍSTICAS							
Propriedades físicas				Durabilidade natural			
Densidade Média (Kg/m ³)	Dureza Janka (Kgf)	Retração Volumétrica	Insetos	Fungos	Tratamento	Sol	
Nome :		(foto da madeira)				Gra :	
Científico :						Textura :	
Cor :						Figura :	
Codigo Munsell :							
2 EXPLORAÇÃO / COMERCIALIZAÇÃO							
Volume bruto/região em m ³ /ha			Secagem	Preço/região em Reais			
Acre	Pará	Guiana	Facilidade e riscos	Amazônia	São Paulo	Europa	
Nome :		(foto da madeira)				Gra :	
Científico :						Textura :	
Cor :						Figura :	
Codigo Munsell :							
3 FABRICAÇÃO / PROCESSO							
Usinagem				Acoplamento		Acabamento	
Serragem	Plaina	Furação	Torno	Colagem	Fixação mecânica	Lixa Polimento	Pintura verniz

Os designers são parte ativa do sistema. A posição desses profissionais deve ser a de observar o funcionamento do sistema de seu exterior para tornarem-se capazes de julgar e intervir ativamente através dos produtos. Ora, mesmo que de maneira implícita, as demandas expressas por cada parte do sistema podem, em realidade, ser sintetizadas nos produtos.

Através de uma visão *macro* os designers adquirem conhecimentos novos e inesperados ligados ao produto e seu ciclo de vida, eles adquirem em seguida um posição mais decisiva e mais ativa no processo de desenvolvimento do novo produto.

7 - Bibliografia

- [ABNT 96] ABNT. Norma ISO 14004 : Sistemas de gestão ambiental - Diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio. ABNT - Associação Brasileiras de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, out. 1996.
- [ADDA et JEAN 99] ADDA, Stéphanie et JEAN, Pascale. Presentation of EIME methodology and its adaptation to Japanese requirements. In : *EcoDesign'99 - First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*. Tokyo, février 1999, Pages 36-40.
- [ADEME 98] ADEME. Collectes séparatives : les clés de la réussite. ADEME, avril 1998.
- [ADEME 97] ADEME. Gisement et valorisation des emballages en France. ADEME, septembre, 1997.
- [ÅKERMARK 99] ÅKERMARK, Anne-Marie. Design for Environment from Designers Perspective. In : *EcoDesign'99 - First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*. Tokyo, février 1999, Pages 47-50.
- [BANCO MUNDIAL 99] BANCO MUNDIAL PPG7. I Workshop Produção Sustentável de madeira na Amazônia : Oportunidades de Negócio – Relatório Final. Manaus, 4-6 octobre 1999.
- [BAUDRILLARD 68] BAUDRILLARD, Jean. Le système des objets : la consommation des signes. Ed. Gallimard, 1968. 239 pages.
- [BERTALANFFY 93] BERTALANFFY, Ludwig von. Théorie Générale des Systèmes. Original : General System Theory, New York, 68. Dunod, Paris, 1993. 308 pages.
- [BREZET, STEVELS, ROMBOUITS 99] BREZET, Han ; STEVELS, Ab et ROMBOUITS, Jeroen. LCA for EcoDesign : The Dutch Experience. In : *EcoDesign'99 - First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*. Tokyo, février 1999, Pages 36-40.
- [CHEVALIER 96] CHEVALIER, Catherine. Conflit et théorie des systèmes : Contribution à une théorie des systèmes complexes. Thèse de doctorat. Université de Technologie de Compiègne, octobre, 1996.
- [CODUR 96] 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, septembre 1996.
- [DEFORGE 97] DEFORGE, Yves. Éthique et technique, de la modération dans la conception des produits industriels. 1997 (texte non publié).
- [DEFORGE 92] DEFORGE, Yves. Pour un design idéologique. In : Séminaire 2 du CONFERE, École de Mines de Paris, 1992.
- [ECO-EMBALLAGES 2000] ECO-EMBALLAGES. Le tri, la collecte et le recyclage en France. Eco-Emballages, décembre, 1999. www.ecoemballages.fr
- [ÉCO-EMBALLAGE 97] ÉCO-EMBALLAGES. Attitudes et mentalités à l'égard de l'environnement et du tri sélectif en 1997.
- [F. PEREIRA et DEJEAN 2000] 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*. Milan, mai 2000. Pages 411-417.
- [F. PEREIRA 98] 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, septembre, 1998.
- [FAO 99] FAO. Situation des forêts du monde 1999. FAO - Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 1999.
- [IBAMA 2000] IBAMA. PMFS - Plano de Manejo Florestal Sustentável. IBAMA, 2000. <http://www.ibama.gov.br/>
- [IBDF 88] IBDF. Madeiras da Amazônia : características e utilização. Volume II, Estação Experimental de Curuá-Una. IBDF Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, Brasília, 1988.
- [L. SANTOS et F. PEREIRA 99] LOSCHIAVO dos SANTOS, Maria Cecília et FRANCO PEREIRA, Andréa. Packaging: Function, Re-function and Malfunction. From Consumer Society to the Homeless Material

- Culture. In : *EcoDesign'99 - First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*. Tokyo, février 1999, pages 492-496.
- [LARRERE 97] LARRERE, Catherine. Les philosophies de l'environnement. 1^o éd. Collection Philosophies. PUF, Paris, 1997. 124 p.
- [LE CARDINAL GUYONNET et POUZOULLIC 97] LE CARDINAL, Gilles ; GUYONNET, Jean-François ; POUZOULLIC, Bruno. La dynamique de la confiance. Dunod, Paris, 1997. 244 p.
- [LE MOIGNE 95] LE MOIGNE, Jean-Louis. La modélisation des systèmes complexes. 2^{ème} Édition. Dunod, Paris, 1995.
- [LE MOIGNE 94] LE MOIGNE, Jean-Louis. La théorie du système général : théorie de la modélisation. 4^o Édition. Presses Universitaires, Paris, 1994.
- [LOVELOCK 90] LOVELOCK, James. Les âges de Gaïa. Trad. : Bernard Sigaud. Collection La Fontaine des sciences, R. Laffont. Paris, 1990. 291 p.
- [MANZINI 99] 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, Tokyo, 1999. Pages 434-437.
- [MORIN 91] MORIN, Edgar. Introduction à la pensée complexe. Collection Communication et complexité. ESF Éditeur, Paris, 1991. 158 p.
- [MORIN 77] MORIN, Edgar. La Méthode. Tome 1 : La nature de la nature. Éditions du Seuil, Paris, 1977.
- [PNUE 92] PNUE. Declaration Of The United Nations Conference On Environment and Development. Rio de Janeiro, June, 1992
- [PNUE 72] PNUE. Declaration Of The United Nations Conference On The Human Environment. Stockholm, June, 1972.
- [SACHS 97] SACHS, Ignacy. L'écodéveloppement : stratégies pour le XXI^e siècle. Collection Alternatives Économiques. Syros, Paris, 1997. 122 pages.
- [SACHS 80] SACHS, Ignacy. Stratégies de l'écodéveloppement. Collection Développement et civilisations. Éditions Économie et Humanisme. Les Éditions Ouvrières, Paris, 1980. 137 p.
- [SMERALDI, VERÍSSIMO et al. 99] SMERALDI, Roberto, VERÍSSIMO, Adalberto et al. Acertando o Alvo. Consumo de madeira no mercado interno brasileiro e promoção da certificação florestal. AMIGOS DA TERRA, IMAFLORA, AMAZON, São Paulo, 1999.
- [SOLEM et BRATTEBO 99] SOLEM, Knut Erik et BRATTEBO, Helge. Industrial Ecology and Decision-making. In : *EcoDesign'99 - First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*. Tokyo, février, 1999, p. 178-183.
- [TOMIYAMA 99] TOMIYAMA, Tetsuo. The Post Mass Production Paradigm. In : *EcoDesign'99 - First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*. Tokyo, février, 1999, p. 162-167.
- [UMEDA 99] UMEDA, Yasushi. Key Design Elements for the Inverse Manufacturing. In : *EcoDesign'99 - First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*. Tokyo, février, 1999, p. 338-343.
- [VENTÈRE et PUYOU 96] VENTÈRE, Jean-Paul et PUYOU, Jean-Baptiste. La conception écologique des produits. Ministère de l'Environnement, octobre 1996.
- [WALKER 95] WALKER, Stuart. The Environment, Product Aesthetics and Surface. *Rev. Design Issues*, Cambridge, Massachusetts, v.11, n.3, p.15-27, Autumn 1995.
- [WIMMER 99] 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*. Tokyo, février, 1999, p. 685-688.