

Design para a  
Sustentabilidade:  
**// Dimensão Ambiental**

Design para a  
Sustentabilidade:  
**// Dimensão Ambiental**

### **Comitê Científico e Editorial:**

Aguinaldo dos Santos (*Universidade Federal do Paraná - UFPR*)

Camila S. D. Lopes (*Universidade Estadual de Londrina - UEL*)

Cláudio P. de Sampaio (*Universidade Estadual de Londrina - UEL*)

Fabiano A. Trein (*Stahl Brasil*)

Liliane I. Chaves (*Universidade Federal Fluminense - UFF*)

Lisiane I. Librelotto (*Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC*)

Paulo Cesar M. Ferroli (*Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC*)

Priscilla R. Lepre (*Universidade Federal de Alagoas - UFAL*)

Rita C. Engler (*Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG*)

Suzana B. Martins (*Universidade Estadual de Londrina - UEL*)

Viviane G. A. Nunes (*Universidade Federal de Uberlândia - UFU*)

### **Capa, projeto gráfico, ilustrações e diagramação:**

Claudio P. de Sampaio

Michelle Aguiar

Fabio Tokumoto

# Design para a Sustentabilidade: // Dimensão Ambiental

SAMPAIO, C. P. | FERROLI, P. C. M. | SANTOS, A.  
CHAVES, L. L. | ENGLER, R. C. | LEPRE, P. R.  
LIBRELOTTO, L. I. | LOPES, C. S. D. | MARTINS, S. B.  
NUNES, V. G. A. | TREIN, F. A.



the Brazilian Learning Network on Sustainability

**Insight**  
EDITORA

**Primeira edição**  
Curitiba, 2018

EDITORA INSIGHT



Rua João Schleder Sobrinho, 668  
82540-060 – Curitiba – PR  
Bairro Boa Vista  
**Tel.:** (41) 3023-3774  
editorainsight.com.br  
contato@editorainsight.com.br

Núcleo de Design e Sustentabilidade UFPR  
**Tel.:** (41) 3360-5313  
Aguinaldo Santos  
**e-mail:** asantos@ufpr.br

**Autores:** Aguinaldo dos Santos, Camila S. D. Lopes, Cláudio P. de Sampaio, Fabiano A. Trein, Liliane I. Chaves, Lisiane I. Librelotto, Paulo Cesar M. Ferroli, Priscilla R. Lepre, Rita C. Engler, Suzana B. Martins, Viviane G. A. Nunes

Dados internacionais de catalogação na publicação

**Bibliotecário responsável:** Bruno José Leonardi – CRB-9/1617

Design para a sustentabilidade: dimensão ambiental / Cláudio P.  
De Sampaio... [et al.] - Curitiba, PR : Insight, 2018.  
183 p. ; 15 x 21 cm. (Design para a sustentabilidade, 1)

Inclui bibliografia.  
ISBN 978-85-62241-58-1

1. Designers. 2. Ecodesign. 3. Sustentabilidade e meio  
ambiente. I. Sampaio, Cláudio P. de. II. Título.

CDD ( 22ª ed.)  
745.40981

ISBN 978-85-62241-58-1 (Impresso)

PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA OBRA  
POR QUAISQUER MEIOS SEM AUTORIZAÇÃO DO EDITOR.

Impresso no Brasil  
Printed in Brazil  
2018

## Direitos Autorais

Este livro foi publicado dentro da licença **Creative Commons**, dentro da modalidade *Atribuição-Não Comercial-Compartilha Igual*. Esta licença permite que outros reordenem, adaptem e criem a partir do seu trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.



Uma versão eletrônica está disponível para download gratuitamente através do site do projeto LeNSin, <http://www.lens-international.org>, e também no site da Editora Insight, <http://editorainsight.com.br>

O livro é um dos resultados do projeto LeNSin – *the Learning Network on Sustainability International* – um projeto financiado pelo **Programa Erasmus+** (Comissão Europeia), voltado ao desenvolvimento colaborativo e em licença aberta de conteúdo didático para o ensino do Design para a Sustentabilidade.

## Agradecimentos

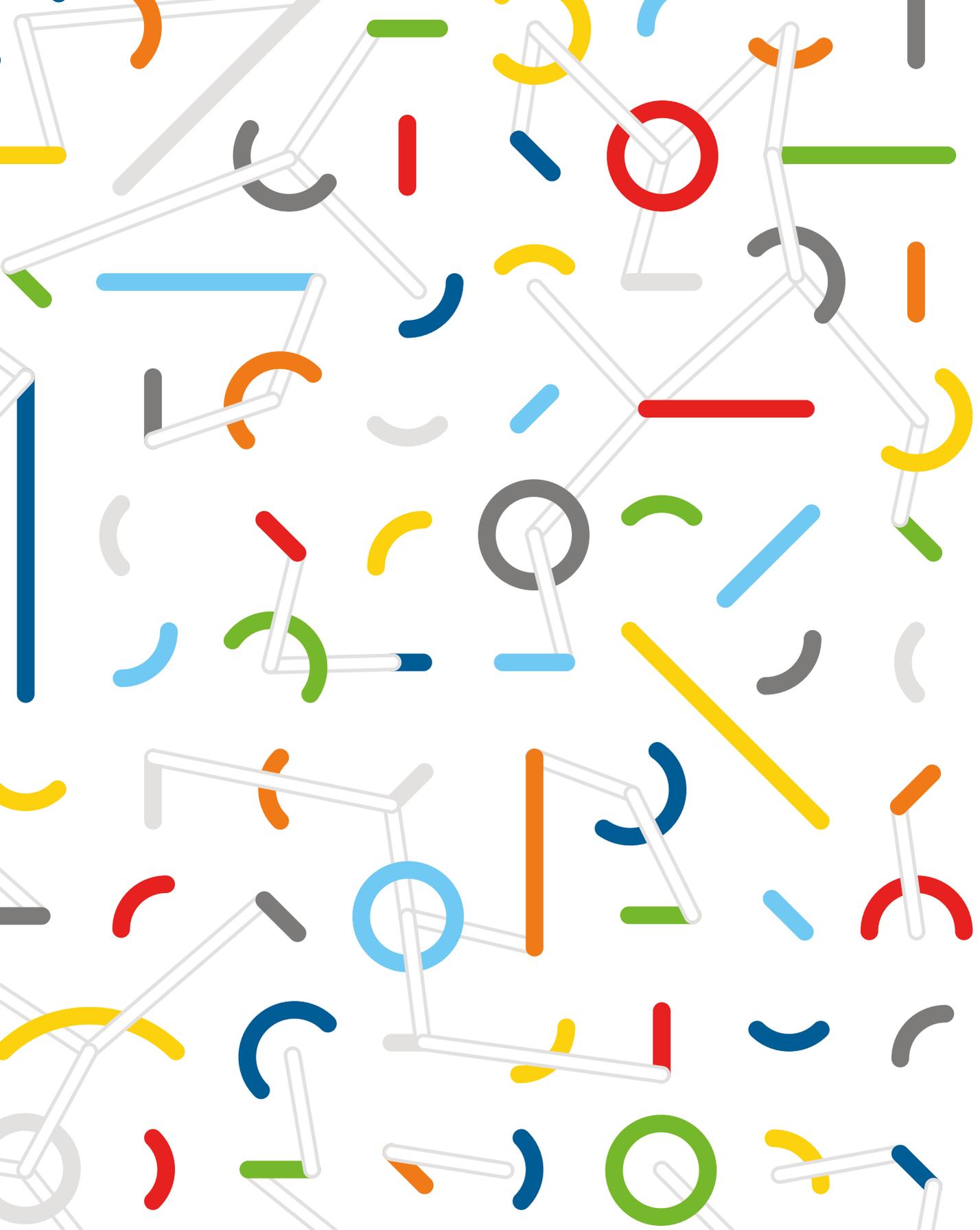
Este volume é o resultado de colaboração dos autores e editores representando todos os parceiros do **Projeto LeNSin** (*the Learning Network on Sustainability International*) no Brasil, por meio da *LeNS Network Brazil*.

O **capítulo 1** teve a autoria de Aguinaldo dos Santos, Camila S. D. Lopes, Cláudio P. de Sampaio, Fabiano A. Trein, Liliane I. Chaves, Lisiane I. Librelotto, Paulo Cesar M. Ferroli, Priscilla R. Lepre, Rita C. Engler e Viviane G. A. Nunes.

O **capítulo 2** foi elaborado por Aguinaldo dos Santos, Camila S. D. Lopes, Cláudio P. de Sampaio, Fabiano A. Trein, Liliane I. Chaves, Lisiane I. Librelotto, Paulo Cesar M. Ferroli, Priscilla R. Lepre, Rita C. Engler, e Viviane G. A. Nunes.

O **capítulo 3** teve como autores Aguinaldo dos Santos, Camila S. D. Lopes, Cláudio P. de Sampaio, Liliane I. Chaves, Lisiane I. Librelotto, Paulo Cesar M. Ferroli, Priscilla R. Lepre, Rita C. Engler e Suzana B. Martins.

O grupo de trabalho para produção de conteúdo foi coordenado pelos professores Cláudio P. de Sampaio e Paulo César M. Ferroli.



# Prefácio

A **LeNS (Learning Network on Sustainability)** é uma rede global de instituições que têm como propósito contribuir para a formação de uma nova geração de designers capazes de desenvolver soluções inovadoras para uma sociedade mais sustentável. A dinâmica das atividades nesta rede é pautada pela produção colaborativa e em licença aberta de conteúdo didático, contribuindo de forma direta para viabilizar que professores e alunos no Brasil tenham instrumentos de elevada qualidade para o desenvolvimento de competências em Design para a Sustentabilidade.

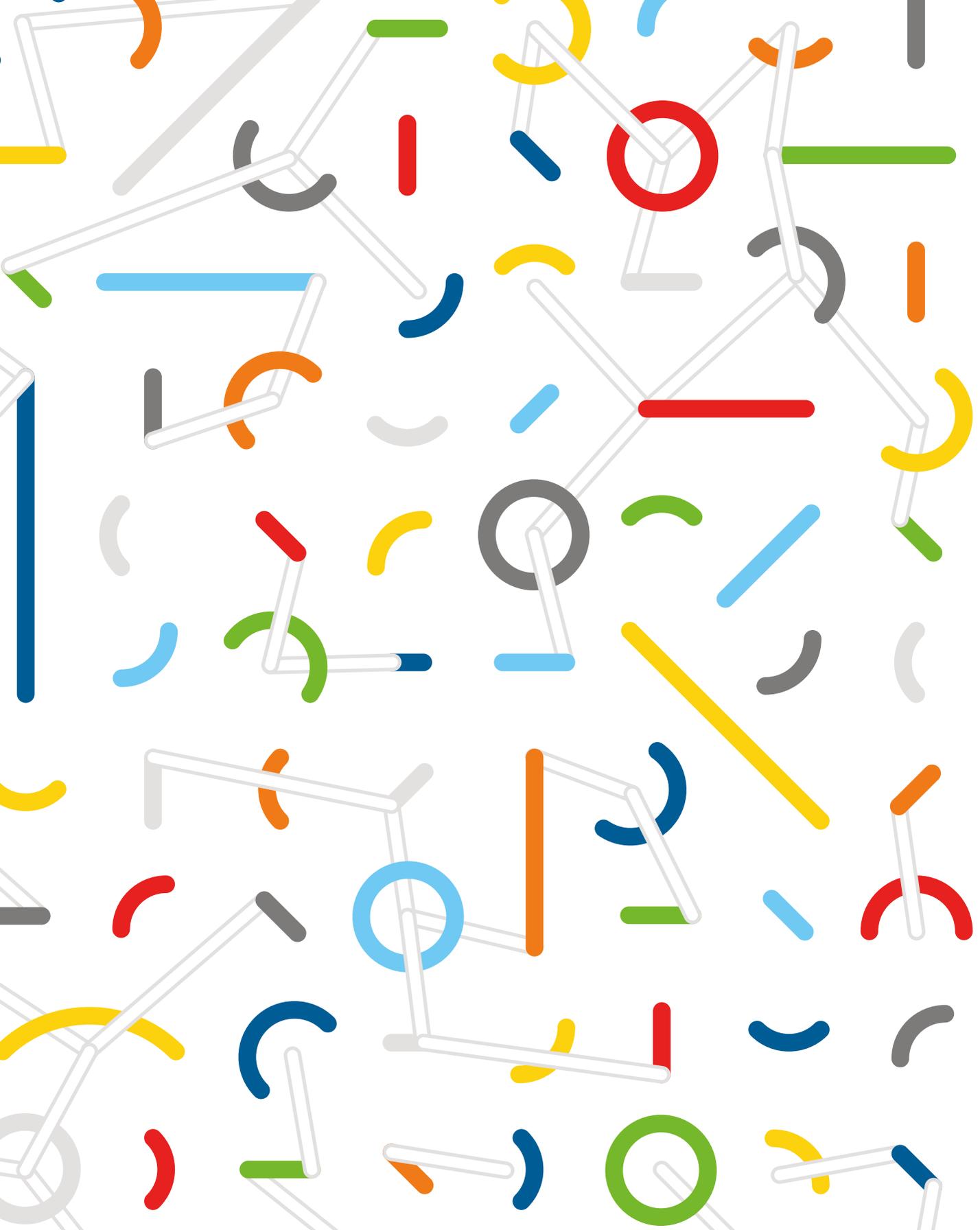
O presente livro tem como foco o **Design para a Sustentabilidade**, temas de central relevância na busca por novos modos de produção e consumo economicamente viáveis, socialmente justos e com baixo impacto ambiental. De forma específica, esta publicação aprofunda a discussão sobre a **Dimensão Ambiental** da sustentabilidade, tanto no âmbito dos artefatos quanto dos Sistemas Produto+Serviço.

Seu conteúdo é uma produção coletiva que envolveu a integração de conhecimentos de profissionais, docentes e pesquisadores nas áreas do Design, Arquitetura e Engenharia oriundos de sete diferentes universidades brasileiras que integram a rede LeNS, a qual é apoiada pela Comunidade Econômica Europeia através do Programa Erasmus+.

Em alinhamento com o espírito generoso da sustentabilidade, a licença aberta adotada neste livro significa que qualquer professor tem o direito de copiar, distribuir, exibir e executar a obra e fazer trabalhos derivados dela, conquanto que deem créditos devidos aos autores e desde que sejam para fins não-comerciais. Para sua plena utilização recomenda-se a consulta aos outros materiais didáticos (cases, métodos, ferramentas e aulas) desenvolvidos pela LeNS Brasil e disponibilizados no portal

**[lens-brazil.org](http://lens-brazil.org)**.

Desejamos ao leitor os votos de que converta o conhecimento aqui contido em ações de transformação na busca de uma sociedade mais sustentável.



# Conteúdo

<b>1 // CAPÍTULO 01 – COMPREENDENDO O PROBLEMA AMBIENTAL</b>	<b>15</b>
<b>1.1 Bases históricas e teóricas</b>	<b>15</b>
1.1.1 A relação homem-natureza e os problemas ambientais	15
1.1.1.1 Idade antiga (4000 a.c. até a queda do império romano, séc. V)	15
1.1.1.2 Idade Média (Europa entre os séculos V e XV)	16
1.1.1.3 Século XVIII até a atualidade	17
1.1.2 Ecologia: fundamentos e princípios	20
1.1.2.1 O cálculo do impacto ambiental	20
1.1.2.2 Biociclo e Tecnociclo	21
1.1.3 Posturas filosóficas ambientais	22
1.1.3.1 Introdução	22
1.1.3.2 Cornucopianismo	23
1.1.3.3 Adaptativismo ou Ambientalismo	23
1.1.4 Possibilidade de posicionamento do design	26
1.1.5 Desafios ambientais globais	27
<b>1.2 Causas dos impactos ambientais</b>	<b>27</b>
1.2.1 Superpopulação	27
1.2.1.1 Conceitos e princípios	27
1.2.1.2 Contexto/histórico	28
1.2.1.3 Causas, consequências e interrelações	29
1.2.1.4 Como o design pode contribuir?	30
1.2.2 Crescimento Urbano Desordenado e Urbanização Acelerada	31
1.2.2.1 Conceitos e princípios	31
1.2.2.2 Contexto/histórico	32
1.2.2.3 Causas, consequências e interrelações	34
1.2.2.4 Como o design pode contribuir?	35
1.2.3 Consumo	36
1.2.3.1 Obsolescência planejada	36
1.2.3.2 Estratégias para enfrentar a obsolescência planejada	37
1.2.3.3 Economia centralizada x economia distribuída	37
1.2.3.4 O papel da tecnologia	38
<b>1.3 Consequências ambientais</b>	<b>39</b>
1.3.1 Danos à saúde humana	39
1.3.1.1 Poluição	40
1.3.1.2 Substâncias nocivas à saúde	41
1.3.1.3 Carcinogênicos	43
1.3.1.4 Contaminação do solo (falta de saneamento)	44
1.3.1.5 Como o design pode contribuir?	45
1.3.2 Danos ecológicos	48
1.3.2.1 Aquecimento global e mudanças climáticas	48
1.3.2.2 Destruição da camada de ozônio	51

1.3.2.3	Acidificação	53
1.3.2.4	Chuva ácida	55
1.3.2.5	Eutrofização	59
1.3.2.6	Alteração do habitat – Desflorestamento	62
1.3.2.7	Ecotoxicidade	67
1.3.3	Depleção dos recursos naturais	69
1.3.3.1	Principais causas	70
1.3.3.2	Poluição da Água	70
1.3.3.3	Combustíveis fósseis	73
1.3.3.4	Exploração de metais e minerais	78
1.3.3.5	Erosão do solo	80
1.3.4	Geração de resíduos	81
1.3.4.1	Definição	81
1.3.4.2	O problema em números	82
1.3.4.3	Que tipos de resíduos existem?	83
1.3.4.4	Que impactos os RSU geram?	85
1.3.4.5	Como os RSU são destinados e coletados?	86
<b>Referências</b>		<b>88</b>

## 2// CAPÍTULO 02 – COMPREENDENDO O QUE PODEMOS FAZER \_\_\_\_\_ 99

<b>2.1</b>	<b>Conceitos-chave</b>	<b>99</b>
2.1.1	Sustentabilidade como um <i>wicked problem</i>	99
2.1.2	Conceito de ciclo de vida	101
<b>2.2</b>	<b>Princípios-chave</b>	<b>102</b>
2.2.1	Escolha de recursos de baixo impacto ambiental	102
2.2.1.1	Definição	102
2.2.1.2	Tipos de Materiais com Baixo Impacto Ambiental	103
2.2.1.3	Estratégias e heurísticas para a escolha de recursos de baixo impacto ambiental	105
2.2.2	Minimização no uso de recursos	110
2.2.2.1	Definição	110
2.2.2.2	Estratégias e heurísticas para a minimização no uso de recursos	113
2.2.3	Otimização da vida útil dos produtos e serviços	117
2.2.3.1	Definição	117
2.2.3.2	Estratégias e Heurísticas para a otimização da vida útil dos produtos	119
2.2.4	Extensão da vida útil com revalorização dos materiais	122
2.2.4.1	Tecnociclo	123
2.2.4.2	Biociclo	126
2.2.4.3	Estratégias e Heurísticas para facilitar a extensão da vida útil e revalorizar os materiais	127
2.2.5	Facilitando a montagem/desmontagem	129
2.2.5.1	Estratégias e heurísticas para facilitar a montagem/desmontagem	130
2.2.5.2	Âmbito dos artefatos	131
2.2.5.3	Âmbito dos sistemas/serviços	132

<b>Referências</b>	<b>136</b>
--------------------	------------

### 3// CAPÍTULO 03 – IMPLANTAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA DIMENSÃO AMBIENTAL DO DESIGN PARA A SUSTENTABILIDADE **141**

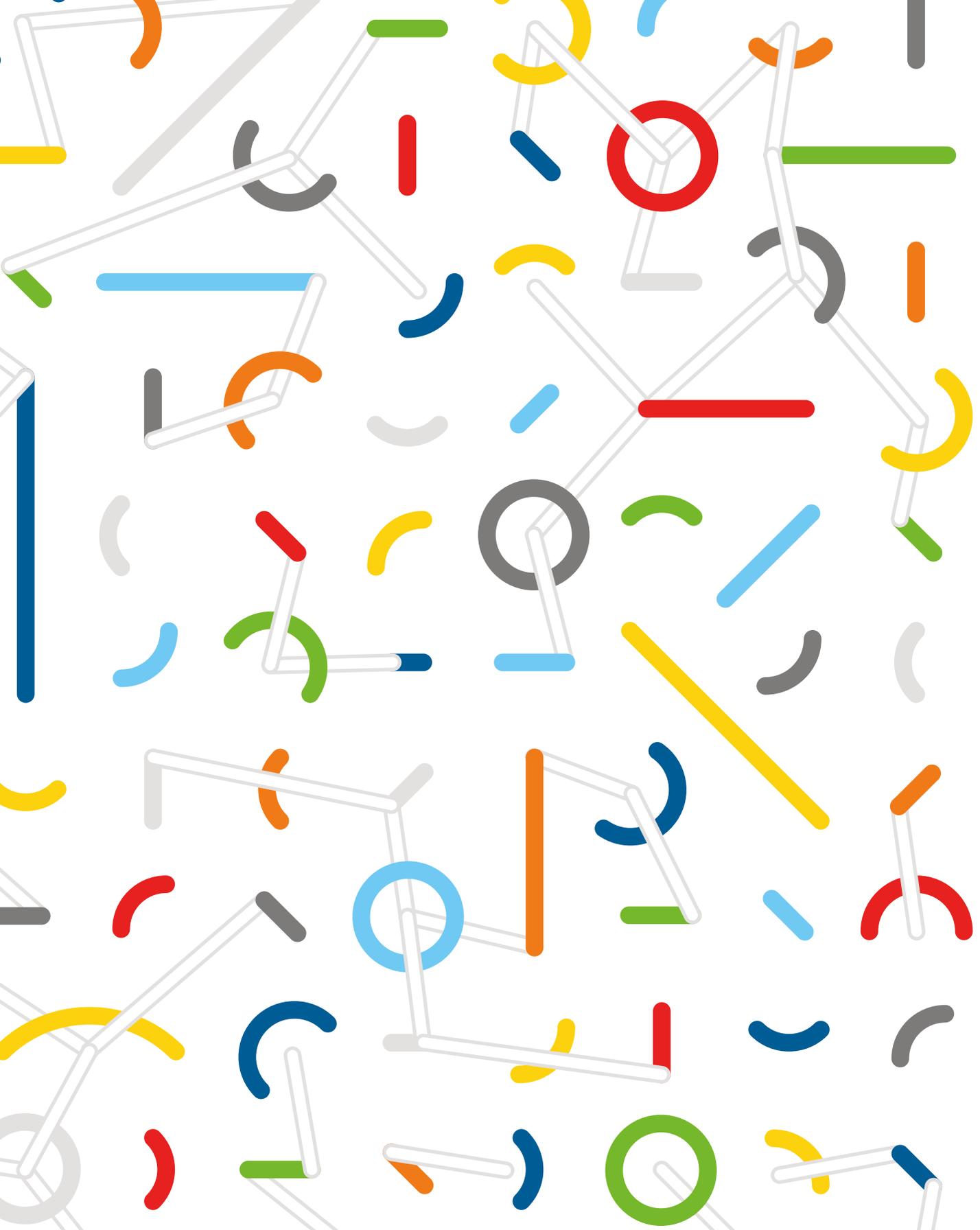
#### **3.1 Visão geral** **141**

3.1.1 Nível 1: Melhoria ambiental dos fluxos de produção e consumo	141
3.1.1.1 Ecologia industrial (EI)	142
3.1.1.2 Produção mais Limpa (P+L)	143
3.1.2 Nível 2: Redesign ambiental do produto	145
3.1.2.1 Definição	145
3.1.2.2 Desafios	145
3.1.3 Nível 3: Projeto de novo produto intrinsecamente mais sustentável	148
3.1.3.1 Definição	148
3.1.3.2 Desafios	148
3.1.3.3 Projeto de novo produto intrinsecamente mais sustentável no contexto de PSS	150
3.1.4 Nível 4: Projeto e implementação de sistemas produto + serviço (PSS)	151
3.1.4.1 Definição	151
3.1.4.2 Tipos de PSS	152
3.1.4.3 Desafios	153
3.1.5 Nível 5: implementação de novos cenários de consumo “suficiente”	154
3.1.5.1 Definição	154
3.1.5.2 Desafios	155

#### **3.2 O papel dos stakeholders e estratégias associadas** **156**

3.2.1 Empresas (normas ambientais, sistemas de gestão ambiental etc.)	156
3.2.1.1 Estágios de maturidade das organizações	156
3.2.1.2 Estratégias de integração ambiental nas organizações	157
3.2.2 Governo (políticas ambientais, programas, projetos etc.)	164
3.2.2.1 Contexto histórico	165
3.2.2.2 Oportunidades para o design	170
3.2.3 Comunidades (hortas urbanas, compartilhamento, destinação de resíduos etc.)	170
3.2.3.1 Inovações sociais	171
3.2.3.2 PSS e inovações sociais	172
3.2.3.3 Agricultura urbana	173
3.2.4 Novas formas de organização formais e informais (ONG, cooperativas, educação para o consumo responsável etc.)	174
3.2.5 O papel do indivíduo	178

<b>Referências</b>	<b>180</b>
--------------------	------------







# 1 // COMPREENDENDO O PROBLEMA AMBIENTAL

## 1.1 Bases históricas e teóricas

### 1.1.1 A relação homem-natureza e os problemas ambientais

Este capítulo mostra de que forma as raízes relacionais entre homem e o mundo natural são ditadas ao longo da história pelas diferentes cosmovisões e ideologias que culminam nas bases filosóficas para a transformação dos bens naturais em recursos e a sua superexploração. Este proveito excessivo gerou os problemas ambientais que vivenciamos desde a metade do século XX. Dessa forma, este capítulo analisa historicamente quatro cosmovisões humanas – a geocêntrica e a heliocêntrica, a teocêntrica e a antropocêntrica – e objetiva mostrar como o racionalismo moderno e a descoberta dos segredos da natureza “[...] ensinaram ao Homem a posição de arrogância e de ambição desmedidas que caracterizam o mundo ocidental contemporâneo” (MILARÉ; COIMBRA, 2004, p. 4).

#### 1.1.1.1 Idade antiga (4000 a.c. até a queda do império romano, séc. V)

A matriz filosófica do conceito homem-natureza situa-se na Grécia e Roma clássicas, quando existiam duas escolas de filosofia natural. A primeira é a racionalista, de teoria mecanicista em que a natureza é composta por elementos ou átomos que se comportam conforme leis mecanicistas. A segunda teoria, de maior domínio à época, é a platônica que percebe a natureza como um ser vivo. **Platão** empregava o conceito de *physis*; para os gregos, ela é a totalidade e está em tudo que acontece, estendendo-se, secundariamente, ao extranatural.

*“À physis pertence o céu e a terra, a pedra, a planta, o animal e o homem, o acontecer humano como obra do homem e dos deuses e, sobretudo, pertencem à physis os próprios deuses”*  
(GONÇALVES, 2006, p. 30).

Assim, atribui-se um significado sobrenatural a eventos até então inexplicáveis, como o relâmpago, o trovão, a doença, a morte, os astros etc. E dessa forma, diversos poderes da natureza foram personificados em deuses e demônios (MORAIS, 1999).

No século VI a.C., a Escola de Mileto tentou decifrar a essência dos fenômenos, objetos e seres tendo como base a sua materialidade, entretanto ainda com a “magia” de Deus. Para **Tales de Mileto**, a água, por exemplo, é a “substância primeira das coisas, e Deus, de forma mágica, a transforma nos demais elementos” (MORAIS, 1999, p. 79).

Para **Aristóteles**, fiel defensor da teoria geocêntrica em que a terra (e consequentemente o homem) está no centro de gravitação dos outros astros, o ser humano está no topo de um sistema natural com uma base em que se encontram os minerais, que servem aos vegetais, que por sua vez servem aos animais, que servem ao homem. Esse axioma aristotélico junto àquele postulado pelo Livro de Gênesis: “Crescei, multiplicai-vos e enchei a Terra, e subjugai, e dominai (...)” (MILARÉ; COIMBRA, 2004, p. 4), tornaram-se um dogma do relacionamento homem-natureza, reforçado por uma cosmovisão religiosa ou religioso-política. Pode-se dizer que se trata da origem primeira do pensamento antropocêntrico (que será descrito mais a diante), que está na base da conduta despótica do homem sobre os demais seres.

#### 1.1.1.2 Idade Média (Europa entre os séculos V e XV)

O período medieval foi inicialmente teocêntrico, ou seja, o homem tinha Deus como base, referência e centro. Assim, a teologia se sobrepõe à filosofia, e a natureza é estudada com ligação à magia – fruto de rituais pagãos – e vista como mãe provedora. **Nicolau Copérnico** iniciou a revolução que nos legou a visão moderna de natureza, rompendo, no auge do Renascimento, com a teoria geocêntrica de Aristóteles, ao expor sua teoria heliocêntrica, desconsiderando a Terra como centro do universo,

*“[...] e por decorrência, a posição do Homem também estaria enfraquecida e a fé cristã, colocada em xeque. É claro que os avanços da Ciência puseram em questionamento os arraçosados da crença religiosa, preparando a dolorosa ruptura que se verificou no início dos tempos modernos. Assim, o Renascimento (Séculos XV e XVI), ao resgatar os valores humanos da cultura clássica, (a força, a beleza, o direito e a dominação), deu novo vigor ao antropocentrismo”. (MILARÉ; COIMBRA, 2004, p. 4).*

Para Copérnico, diferente da visão medieval divina, a natureza era aquilo que seguia as leis da constância matemática. Porém, ainda era Deus que lhe conferia razão geométrica (MORAIS, 1999).

É com **René Descartes** que a separação, ou “oposição homem-natureza se torna o cerne do pensamento moderno” (LOPES, 2016, p. 184). Com o desenvolvimento do método científico e as descobertas sobre os fenômenos naturais, o homem pôde possuir a natureza, decifrando-a, ou ainda “conhecer a natureza para dominá-la”. O homem

se separa da natureza e a mecaniza, e o meio ambiente mecanizado passa a ser visto como recurso, ou um objeto a ser transformado (MORAES, 1999).

**Descartes** também nos legou a importância dada ao pensamento racional na sociedade ocidental, com o seu enunciado cogito, ergo sum, (penso, logo existo), encorajando o homem a valorizar a sua mente racional. O pensamento racional-linear nos legou o afastamento do meio natural, dificultando a compreensão do conceito de ecossistema, que é não linear. A metodologia de Descartes é fundamentalmente analítica, mostrando-se extremamente eficiente para projetos tecnológicos e permanece ainda hoje como um paradigma: o paradigma mecanicista. Corroborando com Descartes, **Francis Bacon** (1561-1626) afirmou que a natureza deve ser subjugada e torturada até manifestar todos os seus segredos.

**Isaac Newton** (1642-1727), com a lei da gravidade, dessacralizou definitivamente a natureza, postulando que ela não era mais a morada de Deus. Moraes (1999) afirma que Newton atuou de modo definitivo para perfazer a visão religiosa da natureza, ainda que Deus ainda tenha a função de afinar a máquina do mundo. Assim, constata-se a modificação da visão orgânica e provedora da natureza da Idade Média, para a máquina da visão cartesiana, gerando forte abalo no comportamento das pessoas em relação ao meio ambiente (CAPRA, 1995).

O paradigma cartesiano nos legou a cosmovisão antropocêntrica, ou seja, a transição entre a cultura medieval e a renascentista fez com que o homem passasse de buscar a Deus (teocentrismo), dando valor a si mesmo. O antropocentrismo é a cosmovisão que coloca o homem no centro do universo, sendo orbitado por todos os outros seres e objetos inanimados, que teriam papel secundário e subserviente. Sob esse paradigma, o homem se torna a referência máxima de verdades e valores.

### *1.1.1.3 Século XVIII até a atualidade*

O século XVIII assiste à solidificação do império da física com a Revolução Industrial e já no século XIX, o positivismo de **Augusto Comte** (1798-1857) é legitimado como a filosofia da ciência, cujas características eram: "(i) alteração da filosofia para uma filosofia da ciência; (ii) interpretação dos fenômenos às coisas do mundo sensível; (iii) reafirmação do paradigma experimental matemático; (iv) as leis

físico-mecânicas regem os movimentos” (LOPES, 2016, p. 187). Em suma, essa linha filosófica “proclama a coisificação do mundo, e o mundo como uma coleção de coisas que se individualizam umas das outras por suas características formais, ao mesmo tempo que se relacionam por suas relações matemáticas” (MORAIS, 1999, p. 82).

Por outro lado, em sua obra *Dialética da Natureza* (1883), **Engels** cria as concepções socialistas de natureza, nas quais o homem é a decorrência de seu do curso evolutivo. Em contrapartida, existe inseparabilidade da natureza com a história humana, isto é, em si ela não existe. Engels nega a dicotomia homem-natureza, afirmando que juntos formam um todo, e que é inconcebível a oposição entre alma e corpo, espírito e matéria e homem e natureza, postulado de Descartes (MORAIS, 1999).

**Charles Darwin**, em seu livro *Origem das espécies* (1859), reorienta o positivismo. Darwin explica em sua obra a evolução natural, isto é, afirma que a evolução é comprovadamente um processo natural, conflitando com os dogmas religiosos. Porém à essa altura o mundo estava profundamente mergulhado no universo mecânico da revolução industrial, mostrando uma incompatibilidade entre o mundo da física e o orgânico da biologia (GONÇALVES, 2006; MOREIRA, 2006). Segundo Calani (2002), a concepção criada pelas descobertas de Darwin forçou um claro retrocesso no modelo cartesiano. O mundo, que era visto como uma máquina, passa a ser percebido como um sistema em permanente mudança e evolução.

No século XX, embora lentamente, o conceito de sistema toma seu espaço e é aplicado, no universo da física, aos estudos do átomo, que deixa de ser indivisível e se torna um sistema. “O reducionismo atomístico-individualista que buscava a substância indivisível, deu lugar ao sistema holista. O todo é mais importante que as partes, de modo que é criado, assim, um novo reducionismo: o sistemismo” (LOPES, 2016, p. 190). Tendo em vista os problemas ambientais que já se acumulam de forma intensa, o paradigma do sistemismo gera o estudo da ecologia, e gera os movimentos sociais ambientalistas.

Seguindo a tendência holística e o fim da dicotomia sociedade-natureza, **Haeckel** concebeu o termo ecologia em 1866, sendo conceituado por ele como a ciência das interações entre o ser vivo e o mundo externo circunvizinho (CAPRA, 1995). Para Casseti (1991, p. 145), a criação de novos paradigmas de superação do antropocentrismo implica “na superação do estado de crise”, que

somente será possível com a análise integrada da sociedade e da natureza sob a égide de uma base ecológica.

Assim, pode-se dizer que em contraposição às ideias antropocêntricas, foi desenvolvida a cosmovisão ecocêntrica do meio ambiente, que possibilita a quebra de paradigma e a transformação cultural por meio da construção de novos valores éticos no tocante à relação homem-natureza. O ecocentrismo se fundamenta em uma visão purista da natureza, ou ainda no fato de que o meio natural possui valor intrínseco, livre de sua utilidade para o homem.

A reflexão acerca de reações à situação ideológica e ambiental gerada pela lógica cartesiana-mecanicista gerou debates, principalmente a partir das décadas de 1960 e 1970, quando ocorreram dois importantes eventos: a **Conferência de Paris** (1968) e a de **Estocolmo** (1972). Então, em 1987 é publicado o Relatório Brundtland, no qual o conceito de desenvolvimento sustentável é concebido como aquele que "satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades" (LOPES, 2016, p. 168). Sem dúvida, esse conceito teve impacto positivo fundamental para o redirecionamento da ideologia de superprodução e descarte, entretanto ele não foge da cosmovisão antropocêntrica.

*"A Terra não seria mais do que um celeiro de recursos à disposição das necessidades humanas. A Natureza seria contingenciada e o Homem é discretamente absolutizado. Em todo caso, o foco do desenvolvimento sustentável representa já um enorme salto de qualidade porquanto submete as ações antrópicas – em especial àquelas voltadas para exploração e uso dos recursos naturais – a uma condição primordial, que é o respeito à capacidade do ecossistema planetário de atender a tantas e tão crescentes demandas por parte da espécie dominante, a saber, da sociedade humana" (MILARÉ; COIMBRA, 2004, p. 6).*

Atualmente, vivemos em tempos de mudanças de paradigmas, em que o ecocentrismo é uma meta e o caminho que nos leva a ele traz melhorias em termos ambientais e sociais.

No decorrer do desenvolvimento da cultura ocidental, com o desenvolvimento científico-tecnológico, ocorreu intensa exploração dos recursos naturais, consequência do nosso distanciamento da natureza, que gerou a perda completa de nossas raízes biológicas e

ecológicas. Tal separação fica evidente na diferença entre a evolução do nosso poder intelectual, científico e tecnológico, quando comparado à nossa sabedoria, ética e espiritualidade. Na atualidade, a tendência de mutação do paradigma antropocêntrico para o ecocêntrico, ainda que de modo incipiente, provocou a reação humana frente aos problemas ambientais.

### 1.1.2 Ecologia: fundamentos e princípios

A relação entre as atividades dos diversos organismos vivos – incluindo o ser humano – entre si e com o ambiente natural do planeta é o objeto de estudo de um ramo da Biologia conhecido por Ecologia, e especificamente em escala global por meio da Ecologia Global. Deve-se entender que a Ecologia Global se baseia em uma ideia de sistema cujo comportamento é, fundamentalmente, fechado. De forma específica, as interações humanas com o meio natural são o objeto de estudo da **Ecologia Humana**, que tem, como um de seus elementos, a Economia – fato discordado por muitos economistas clássicos. Essa consideração parte da constatação de que a Economia é tão dependente da Ecologia Global quanto dos recursos primários, como água, ar, alimento e outros recursos naturais finitos.

Um dos aspectos que mais influenciam a sustentabilidade ambiental é a quantidade de espécies e o tamanho de suas populações que habitam um determinado habitat. Essas variáveis compõem o que se denomina “capacidade de carga” (*carrying capacity*) (HUI, 2006), que é definido pela fórmula “capacidade de carga = número de espécies X população de cada espécie X recursos consumidos e resíduos gerados por indivíduo”. Isso é relevante para se compreender o potencial de impacto da espécie humana, pois percebe-se que tanto o crescimento populacional exacerbado quanto o modo como cada indivíduo consome influenciam de forma decisiva a capacidade de suporte do ambiente natural.

#### 1.1.2.1 O cálculo do impacto ambiental

Os impactos ecológicos humanos podem ser mensurados de forma específica por meio de outra equação (**Figura 1**), na qual  $I$  (impacto ambiental) =  $P$  (quantidade de população) X  $A$  (afluência, ou consumo por indivíduo para gerar riqueza) X  $T$  (poluição + uso de recursos por indivíduo, decorrentes da tecnologia) (EHLICH; HOLDREN, 1971). É importante ressaltar que todas essas variáveis estão em ritmo de crescimento.

**Figura 1.** As três variáveis do impacto ambiental

Fonte: Ehrlich e Holden (1971).

$$I = P \times A \times T$$

impacto ambiental	quantidade de população	consumo per capita, ou Afluência	poluição + uso de recursos por indivíduo decorrente da tecnologia
-------------------	-------------------------	----------------------------------	-------------------------------------------------------------------

Considerando-se que a redução populacional é um assunto bastante sensível para ser abordado por meio do design (embora não impossível), pode-se afirmar que sua colaboração mais efetiva para a redução de impactos ambientais acontece em duas frentes específicas: 1) no quanto cada indivíduo consome materialmente; 2) no nível de eficiência das tecnologias utilizadas para a produção e consumo de bens e serviços.

### 1.1.2.2 *Biociclo e Tecnociclo*

Do ponto de vista da Ecologia, duas grandes dimensões de estudo se destacam: 1) a dimensão do ambiente natural, ou seja, o próprio planeta com seus diversos ecossistemas e interações, também chamada de Natureza; 2) a dimensão humana, formada pelos seres humanos e suas diversas interações, formando o que se chama de cultura. Pode-se ainda vislumbrar uma terceira dimensão, situada na interface entre o mundo humano e o mundo natural: o mundo artificial. O artificial está diretamente relacionado à cultura, pois é fruto da construção cultural do ser humano, mas com uma peculiaridade: é o que permite ao homem adaptar-se ao mundo natural, por meio da ciência e da tecnologia. A criação do mundo artificial é o campo principal de interesse de áreas como o design, a arquitetura e a engenharia.

Nesse contexto, tanto o mundo natural quanto o artificial apresentam ciclos de funcionamento específicos, chamados de biociclos e tecnociclos. Os biociclos referem-se aos diversos conjuntos de ecossistemas existentes na biosfera. Os biociclos são divididos em três tipos: **Epinociclo**, que é o conjunto dos seres vivos de todos os tipos que vivem em terra firme, **Talassociclo**, formado pelos seres vivos de água salgada, e **Limnociclo**, composto pelos seres vivos de água doce. Os tecnociclos, por sua vez, referem-se aos ciclos tecnológicos de produção e ao consumo de bens e serviços, portanto artificiais, e cujo funcionamento implica na entrada e saída constante de energia e recursos.

Considerando-se estes dois tipos de ciclo e também as duas grandes dimensões de estudo citadas anteriormente (natureza e cultura), Manzini e Vezzoli (2002) apresentam três percursos possíveis para a sustentabilidade ambiental: 1) a **eficiência tecnológica**, por meio de produtos mais limpos e recicláveis, no âmbito dos tecnociclos; 2) a **suficiência cultural**, com a adoção de produtos biológicos e biodegradáveis, ligados ao biociclo; 3) a **eficácia**, tendo como ponto de partida os produtos e serviços ecoeficientes, mas buscando a construção de uma economia desmaterializada.

### 1.1.3 Posturas filosóficas ambientais

#### 1.1.3.1 Introdução

Nesta seção serão discutidas as principais correntes de pensamento sobre as questões ambientais, em termos do seu potencial de contribuição para a sustentabilidade ambiental e da ênfase de atenção, se mais antropocêntrica ou ecocêntrica. Essas posturas refletem também visões distintas sobre a ideia de desenvolvimento e de crescimento econômico.

Embora desenvolvimento e crescimento econômico sejam conceitos diferentes, a abordagem econômica ortodoxa considera que desenvolvimento de um país só é possível quando o crescimento econômico ocorre por meio da produção de bens físicos. Dessa forma, enquanto alguns especialistas defendem que só é possível a saúde ambiental do planeta com crescimento econômico nulo, outros consideram a possibilidade de sua conciliação com o meio ambiente.

Pearce (1993) apresenta quatro principais posturas ideológicas sobre a dimensão ambiental, que vão do extremo tecnocentrismo (foco no desenvolvimento tecnológico como solução para os problemas sociais e ambientais) ao, igualmente radical, ecocentrismo (foco no meio ambiente em detrimento do desenvolvimento tecnológico). São elas: cornucopianismo, adaptativismo, ecologia profunda (**Figura 2**) e o comunalismo, que não será discutido neste trabalho por ser de caráter sociocultural e não ambiental.

E em contraposição às quatro posturas, há os fatalistas, que consideram que não há como inverter os problemas ambientais e sociais causados pela ação humana, que pela ausência de caráter propositivo de soluções também não serão aqui considerados.

**Figura 2.** As diferentes correntes de pensamento ecológico, conforme o grau de sustentabilidade.

Fonte: elaborado pelos autores.



### 1.1.3.2 Cornucopianismo

A descrença nos argumentos ecológicos sobre os limites do planeta em suportar a pressão das atividades humanas e a defesa do crescimento econômico e do livre mercado são as bases da postura cornucopiana, teorizada por economistas tradicionais e financiada por vários grupos industriais antiambientalistas (GARRARD, 2006, p. 33). Com base nessa postura, o design seria uma ferramenta para valorizar produtos e serviços, sem que necessariamente se considere a dimensão sustentável da sua atuação.

Como o cornucopianismo valoriza os direitos e interesses dos indivíduos contemporâneos, dentre eles o de consumir indefinidamente, em detrimento da natureza, vista aqui como fonte ilimitada de recursos e com valor apenas instrumental, é compreensível que o design se comporte como uma ferramenta de estímulo ao consumo sem grandes preocupações ecológicas.

Afinal, segundo essa postura, o livre mercado e a tecnologia podem resolver qualquer problema ambiental que venha a ocorrer. Esse é o tipo de pensamento ainda preponderante no sistema capitalista atual, e que, segundo os adeptos da ecologia comunalista, tem levado às grandes desigualdades sociais e desequilíbrios ambientais. O nível de sustentabilidade é, portanto, quase nulo, segundo Pearce (1993 apud BELLEN, 2005).

### 1.1.3.3 Adaptativismo ou Ambientalismo

Há também posturas que consideram possível a sustentabilidade dentro do sistema capitalista e que, inclusive, abrangem boa parte da população e das empresas. Porém, mesmo que a sociedade demonstre preocupação ambiental, não abandona o conforto e o bem-estar gerados pelo consumo. Esses hábitos são os chamados ambientalistas ou adaptativos e estão ligados ao conceito de

desenvolvimento sustentável, para o qual é possível o crescimento econômico de forma equilibrada e o bem-estar social baseado em maiores níveis de emprego e renda.

Para tanto se defende, conforme Sachs (2004), a adoção de estratégias diferenciadas para países desenvolvidos (com mudança nos padrões de consumo e estilos de vida) e em desenvolvimento (com estratégias de desenvolvimento endógenas e inclusivas). Conforme Pearce (1993), a postura adaptativa/ambientalista baseia-se em quatro premissas:

- Defesa do conservacionismo dos recursos, com valor principalmente instrumental;
- Economia e mercado verdes controlados por incentivos econômicos;
- Modificação do crescimento econômico, com alteração de escala;
- Equidade intra e intergeracional (pobres contemporâneos e gerações futuras).

Nesse caso, o design tem como papel principal idealizar produtos e serviços que utilizem os recursos de forma mais eficiente, mas também novos sistemas de serviços que reflitam mudanças no comportamento das pessoas. O design sustentável é uma proposta de atuação compatível com essa postura, no qual objetiva-se atender as necessidades dos consumidores de forma menos impactante. No entanto, não se busca, na postura adaptativa, abrir mão do sistema econômico capitalista, mas apenas uma intervenção reguladora em sua forma de liberalismo econômico, bem como novas formas de industrialização, comercialização e consumo.

Embora Pearce (1993) considere a postura adaptativa/ambientalista de fraco potencial de sustentabilidade por seguir o sistema capitalista de acumulação de riqueza, outros autores consideram que é possível um elevado nível de sustentabilidade ambiental, social e econômica nesse sistema. Manzini e Vezzoli (2002, p. 61), por exemplo, ressaltam a possibilidade de uma sociedade sustentável baseada na convivência de diferentes formas econômicas, desde a produção em grande escala até a de escala local, além da autoprodução e do escambo.

Também alinhado com esse pensamento, Hawken e Lovins (1999) defendem a ideia de **capitalismo natural**, baseado em quatro premissas principais: 1) aumento da produtividade e do desempenho da organização; 2) alinhamento com os sistemas naturais, utilizando modelos biológicos com zero de desperdício; 3) mudança de uma economia baseada na posse de bens para outra com base em serviços,

desmaterializando o consumo; 4) grandes investimentos em capital natural (água, solo, energia) como base da prosperidade futura.

Em termos de redução de impactos e ganhos de eficiência, o capitalismo natural tem por objetivo o que se denomina **Fator 4**, que implica em dobrar a capacidade produtiva utilizando apenas metade dos recursos naturais atualmente necessários; isso implicaria em uma eficiência de 75% quanto ao consumo de energia e outros recursos naturais (WEISACKER; LOVINS e LOVINS, 1998).

Numa abordagem ainda mais radical, Schmidt-Bleek (1993) e outros pesquisadores propuseram que, em função do uso desigual de recursos pelos países mais ricos, estes deveriam adotar uma estratégia de desmaterialização da produção denominada **Fator 10**, a fim de reduzir em 90% a quantidade de recursos naturais atualmente utilizados por unidade de serviço.

As diferentes propostas associadas ao adaptativismo, como visto, incluem a revisão dos modos de produção e consumo como caminho para a sustentabilidade ambiental, ao introduzir a possibilidade da desmaterialização por meio da substituição da posse de produtos pelo uso de serviços.

Essa é uma possibilidade importante para a redução dos impactos associados às variáveis A (Afluência ou Consumo) e T (Tecnologia e respectiva poluição e uso de recursos a ela associados) da equação de impacto ambiental apresentada na **Figura 1**. A diminuição da densidade material é especialmente relevante se considerarmos a redução populacional (P) como o fator em que há menor possibilidade de intervenção, inclusive por meio do design.

#### 1.1.3.4 *Ecologia Profunda*

Na Ecologia Profunda enfatiza-se o valor intrínseco da natureza, baseada numa ética que vai além do humano (bioética). Defende-se, neste caso, uma economia fortemente ecológica e reduzida em escala, altamente regulada em relação à exploração de recursos naturais, e que considera a redução populacional um imperativo. Para Pearce (1993 apud BELLEN, 2005), o potencial e sustentabilidade ambiental é muito forte nessa proposta.

No entanto, a aplicabilidade das ideias da Ecologia Profunda é difícil, por implicar em grandes mudanças no modo de vida atual da sociedade. São conceitos que afetam a noção de bem-estar material,

status, individualismo, conforto, dentre outras.

Tanto a postura comunalista quanto a ecologia profunda são amparadas por diversos dados estatísticos sobre o impacto humano no planeta. Um dos estudos mais relevantes atualmente é o relativo à pegada ecológica (*ecological footprint*), segundo o qual seriam necessários cerca de quatro planetas se todas as populações pobres do mundo passassem a consumir como as dos países desenvolvidos (ECOLOGICAL FOOTPRINT, 2007).

#### 1.1.4 Possibilidade de posicionamento do design

Ao analisar as quatro grandes posturas ambientalistas citadas acima (e suas correntes internas), podemos verificar que as possibilidades de atuação do design para a sustentabilidade não estão restritas a apenas uma delas, e que o fato de haver uma forte relação com o conceito de desenvolvimento sustentável (ligado à postura adaptativa) não exclui possibilidades previstas nas outras correntes.

Com exceção da postura cornucopiana, impraticável para qualquer designer minimamente preocupado com as questões de sustentabilidade, há, em qualquer uma das posturas, possibilidades de posicionamento. Mais que isso, e em função até mesmo de posicionamentos ideológicos, pode-se optar por diferentes formas de atuação que não aquelas ligadas apenas à produção em grande escala.

Condizente com a postura comunalista, existe a possibilidade de novas abordagens de design, seja como ferramenta para gerar renda às comunidades, cooperativas ou associações (o chamado design social), seja para criar sistemas de serviços baseados no uso comum, compartilhado. No caso da postura da Ecologia Profunda, o design assume uma postura ética radical de poupança dos recursos naturais, valorizando a criação apenas de produtos úteis em detrimento daqueles considerados supérfluos. A criação de cenários sustentáveis baseados em novos estilos de vida poderia ser considerada uma das possíveis tarefas do designer nessa postura ambiental (MANZINI, 2006).

É importante notar também que, entre os extremos da economia de grande e de pequena escala, há propostas de convivência entre ambas, com base no conceito de multipolaridade proposto por Manzini e Vezzoli (2002), algo bastante plausível para os chamados países em desenvolvimento, que, aliás, já convivem com essa variedade de forma bastante intensa, principalmente nos grandes centros urbanos, conforme Santos (2003). Este autor assinala a divisão

da economia urbana em dois grandes circuitos: superior, representado pelos grandes monopólios e oligopólios, e inferior, relativo aos pequenos negócios de influência local.

### 1.1.5 Desafios ambientais globais

Nas próximas seções serão discutidos os principais desafios em nível global que afetam o equilíbrio ambiental do planeta. Esses desafios podem ser estudados em termos de dois grupos principais: 1) os vetores causadores de impactos; 2) as consequências desses vetores.

Como visto, os vetores causadores de impactos ambientais (**Figura 1**) incluem como elementos principais a superpopulação (associada ao crescimento urbano desordenado), o consumo e a poluição. Há também os fenômenos naturais (furacões, enchentes, raios, tempestades e outros) que por sua natureza não podem ser controlados, e que, portanto, não serão alvo de estudo neste livro.

O grupo de consequências foi organizado em três subgrupos principais: danos à saúde humana (poluição, substâncias nocivas, carcinogênicos e contaminação do solo), danos ambientais (aquecimento global, mudanças climáticas, destruição da camada de ozônio, acidificação, chuva ácida, eutrofização, alteração do habitat, ecotoxicidade), depleção de recursos naturais (poluição da água, combustíveis fósseis, exploração de metais e minerais e erosão do solo) e os resíduos gerados.

## 1.2 Causas dos impactos ambientais

### 1.2.1 Superpopulação

#### 1.2.1.1 Conceitos e princípios

Denomina-se população ao conjunto de pessoas que residem em determinado território ou lugar. Para estudá-la, pode-se estratificá-la segundo sua religião, nacionalidade, local de moradia ou atividade econômica, entre outras características, e o seu comportamento e condições de vida podem ser retratados através de indicadores sociais. A expressão superpopulação refere-se ao incremento crescente do número de membros de uma espécie, em um curto período, de determinado ecossistema. O aumento brusco gera um desequilíbrio no ecossistema. A questão da população mundial está associada aos 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 (ONUBR, 2015).

Ano	Taxa de crescimento para 10 anos da população mundial (Fonte: IBGE, 2017)	População mundial (em hab) (Fonte: ONU, 2017)	Taxa de crescimento da população Brasileira (%) (Fonte: IBGE, 2017)	População no Brasil (em hab) Fonte: IBGE (2017)
1950	18,9 (para 1960)	2.556.000.053	2,99 (para 1960)	51.944.397
2000	12,6 (para 2010)	6.082.966.429	1,4 (para 2001)	166.112.518
2005	-	6.500.000.000	1,18 (para 2006)	184.184.264
2010	10,7 (para 2020)	6.848.932.929	0,97 (para 2011)	190.747.855
2015	-	7.300.000.000	0,80 (para 2016)	204.450.649
2020	8,7 (para 2030)	7.584.821.144	0,64 (para 2021)	212.077.375
2030	7,3 (para 2040)	8.500.000.000	0,38 (para 2030)	223.126.917
2040	5,6 (para 2050)	8.850.045.889		228.153.204
2050	-	9.700.000.000		226.347.688
2060				228.300.000

**Tabela 1.** Dados atuais e estimativa de crescimento populacional mundial e do Brasil de 1950 a 2060.

Fonte: IBGE – projeção da população Brasileira (2017), ONU (2018), Infoplease Estatísticas Mundiais (2018).

### 1.2.1.2 Contexto/histórico

A população mundial vem aumentando, mas as estimativas populacionais preveem um decréscimo da população até 2050 para muitos países, entre eles o Brasil (**Tabela 1**), que ocupa em 2018 o ranking de quinto país mais populoso do mundo com 208 milhões de pessoas. Estão à sua frente apenas a China (1,4 bilhões), Índia (1,3 bilhões), Estados Unidos (329 milhões) e Indonésia (262 milhões). A África é o continente que deverá ter maior crescimento populacional nas próximas décadas (mais de 2,5% ao ano), seguido da América Latina e Central (1,1%) e Ásia (1%); a Europa, no entanto, deverá ter redução populacional de até 15% até 2050 (UNFPA, 2018), mesmo com os intensos fluxos migratórios dos últimos anos.

Segundo o IBGE (2018), o Brasil terá crescimento populacional até 2047, chegando a 233,2 milhões de habitantes, e daí em diante haverá uma redução na população para 228,3 milhões até 2060. Além disso, 25,5% da população deverá ter mais de 65 anos em 2060, e apenas 36,8% em idade de trabalhar; essas projeções refletem a combinação de dois fatores: o crescimento na expectativa de vida para as próximas décadas e a diminuição das taxas de fertilidade.

Os reflexos deverão ser sentidos nos vários serviços públicos, especialmente saúde e previdência social, mas também nas questões de sustentabilidade, uma vez que os modelos de produção e consumo também deverão sofrer mudanças para se adequar à nova realidade.

A população é influenciada por fatores como idade média de seus indivíduos, expectativa e qualidade de vida, condições de saúde, infraestrutura do local, produção e disponibilidade de alimentos. No Brasil, a idade média da população em 2002 era de 26 anos e atualmente está em torno de 32,6 anos, enquanto que a expectativa de vida atual é de 76,2 anos, e em 2060 deverá atingir 81 anos (IBGE, 2018).

### *1.2.1.3 Causas, consequências e interrelações*

A superpopulação decorre da combinação de diversos fatores, sendo os mais relevantes o aumento da qualidade de vida com consequente declínio na taxa de mortalidade, seja por motivos tecnológicos como a implantação de instalações médicas melhores ou de tecnologias para aumento da fertilidade, ou por motivos socioeconômicos, como hábitos de comportamento específicos, falta de acesso à educação para as mulheres, falta de planejamento familiar ou mesmo a imigração facilitada em alguns países.

Normalmente é a combinação destes fatores que resulta em superpopulação. No Brasil, um dos motivos principais do decréscimo nas taxas de natalidade e mortalidade de bebês nas últimas décadas tem sido o aumento do acesso à informação e ao mercado de trabalho por parte das mulheres, sobretudo das mais pobres.

Da superpopulação decorre um grande desequilíbrio ambiental, que gera aumento brusco no número de indivíduos, seguido de uma estagnação no ápice e posterior redução, em consequência da escassez de suprimentos para a vida (alimento, água, propagação de doenças, envelhecimento da população, entre outros).

No entanto, conforme aponta ROIG et al (2017), também é relevante destacar que a maior parte da população mundial (cerca de 80%) está nos países mais pobres ou em desenvolvimento, enquanto que a maior parte dos impactos ambientais é causada pelos modelos de produção e consumo dos países mais ricos (ROIG, 2018). Um dos maiores desafios, portanto, está em garantir o bem-estar dos 80% mais pobres, mas buscando modelos que não sejam apenas imitações dos países mais ricos.

Entre as consequências da superpopulação pode-se apontar a urbanização acelerada das cidades, o aumento das desigualdades sociais, o surgimento de deficiências de infraestrutura (água potável, energia, educação, saúde, transporte etc.), o esgotamento dos recursos naturais pelo aumento do consumo, a poluição sonora, da água, da terra e do ar, a destruição, invasão e alteração de ecossistemas, o aumento da mortalidade infantil, a ampliação das atividades industriais, agrícolas, pecuaristas e extrativistas intensas, o surgimento de epidemias e pandemias, e as mudanças climáticas intensas decorrentes do aumento de emissões tóxicas, entre outros problemas.

Portanto, a questão da superpopulação inter-relaciona-se diretamente com questões como a pobreza, a fome, a produção de alimentos e bens de consumo, a saúde e bem-estar, a educação, a igualdade de gênero, o abastecimento de água e energia, as mudanças climáticas e as instituições em geral.

#### *1.2.1.4 Como o design pode contribuir?*

O designer enquanto profissional que concebe soluções pode atuar de diversas maneiras para ajudar a resolver as questões ligadas à superpopulação, convergindo a satisfação das necessidades humanas com o desenvolvimento sustentável. Estas soluções podem incluir:

- Desenvolvimento de sistemas coletivos de mobilidade urbana, privilegiando combinações multimodais sempre que possível (bicicleta, ônibus, trem, metrô etc.);
- Desenvolvimento de facilidades urbanas para otimização dos espaços públicos (como hortas comunitárias, espaços de socialização, cultura e lazer);
- Desenvolvimento de produtos e serviços que possibilitem o acesso ampliado à habitação, principalmente para as populações de baixa renda;
- Desenvolvimento de produtos e serviços que possibilitem o acesso à alimentação de forma ampliada (como restaurantes e mercados coletivos);
- Desenvolvimento de produtos e serviços que possibilitem o acesso à saúde de forma ampliada (como produtos e serviços de baixo custo);
- Desenvolvimento de produtos e serviços que possibilitem o acesso à educação de forma ampliada (como soluções digitais online);
- Locação e uso compartilhado de veículos (bicicletas, automóveis e

outros);

- Em termos genéricos, desenvolvimento de novos produtos e serviços, reprojeto, ou mesmo a identificação de novas demandas sociais.

No caso dos países mais pobres e/ou em desenvolvimento (como o Brasil), é relevante que as estratégias e ações de design promovam a inclusão das populações menos favorecidas, que são maioria nesses países; desse modo, soluções de caráter coletivo podem ter prioridade em relação àquelas de caráter individual. Apesar disso, também deve haver espaço para soluções mais individuais.

## 1.2.2 Crescimento Urbano Desordenado e Urbanização Acelerada

### 1.2.2.1 Conceitos e princípios

Entende-se por urbanização a transformação da sociedade que tende a organizar-se na forma de aglomerados, que são, ao mesmo tempo, produto e processo de transformações dinâmicas e recíprocas da natureza e da sociedade estruturada em classes sociais (GUERRA e CUNHA, 2009). Para Oke (1980),

*“a urbanização é o processo de conversão do meio físico natural para o assentamento humano, acompanhada de drásticas e irreversíveis mudanças do uso do solo, gerando uma nova configuração da superfície aerodinâmica e das propriedades radiativas, da umidade e da qualidade do ar”.*

A ONU estabeleceu em 2015, **17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável** a alcançar nos próximos 15 anos, até 2030. Especificamente, o crescimento urbano desordenado está associado de forma direta ao objetivo 11: tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

De forma indireta, associa-se aos outros 16 objetivos, incluindo o fim da pobreza e da fome, a promoção da saúde, a igualdade de gênero e o acesso a água e energia. Além do rápido crescimento demográfico, a aglomeração de população em áreas urbanas está gerando grandes centros com 15 milhões de habitantes ou mais. Esses centros de alta densidade populacional demandam maiores recursos, energia e infraestrutura, além de criarem problemas complexos de caráter ambiental, econômico e social.

### 1.2.2.2 Contexto/histórico

O conceito de urbanização está diretamente ligado ao conceito de habitação. A habitação representa uma das mais importantes criações da evolução técnica e intelectual do homem, e foi sucessora dos abrigos na escala evolucionária do nomadismo para o sedentarismo, possibilitando a sobrevivência da espécie humana de Norte a Sul do globo terrestre. A Organização das Nações Unidas (ONU), define habitação como um meio ambiente material onde se deve desenvolver a família, considerada unidade básica da sociedade.

Os primeiros abrigos artificiais surgiram em 12.000 a.C. como habitações semissubterrâneas. A casa construída é mais recente, e sua configuração depende de fatores como materiais disponíveis, técnicas de construção, concepções de planejamento e arquitetura, atividades econômicas, gênero de vida e padrões culturais. Por meio dela, o homem evidenciou a sua capacidade de interagir com o meio ambiente.

Os primeiros núcleos urbanos datam do período neolítico, também conhecido como idade da pedra polida, quando a produção agrícola excedente das áreas rurais foi suficiente para sustentar trabalhadores que exercessem outras atividades além do cultivo de alimentos. As facilidades da vida coletiva levaram ao surgimento de agrupamentos sedentários, sendo seguido pelo uso de novas técnicas para criação de moradias mais resistentes à ação do tempo.

Graças à utilização de técnicas amenizantes, a habitação urbana tornou-se relativamente independente das condições físicas locais, ao mesmo tempo em que se sagrou um instrumento que salienta as diferenças sociais. De acordo com Luz (1997),

*“As cidades são centros de interações humanas que precisam ser otimizadas por serviços de infraestrutura e outros aspectos intangíveis aparentemente desimportantes, como a aparência. A cidade é a forma definitiva, organizada e materializada das necessidades, exigências, direitos e deveres dos povos.”*

Assim, as cidades surgiram para atender às necessidades de um grupo, visando a segurança e bem-estar das famílias. Não foi incomum o nascimento de grandes cidades com base em fortificações militares.

**Tabela 2.** Taxa de urbanização no Brasil e no mundo desde 1940, e sua projeção até 2050.  
Fontes: IBGE (2017), United Nation Department of Economics and Social Affairs (2014).

Ano	No Brasil		No Mundo	
	Rural (%)	Urbano (%)	Rural (%)	Urbano (%)
1940	68,8	31,2	x	x
1950	64	36,2	71,4	29,6
1960	55	45,1	76,3	33,7
1970	44	56	68,8	41,2
1980	34	66	67,1	42,9
1990	26	74	65,3	44,7
2000	19	81	63,4	46,6
2005	16,8	83,2	60,9	49,1
2010	15,3	84,7	48,4	51,6
2015	14,2	85,8	46	54
2020	13,3	86,8	43,8	56,2
2025	13,6	87,4	41,8	58,2
2030	12	88	40	60
2035	11,8	88,2	38,3	61,7
2050	Menos de 10%	Acima de 90%	33,6	66,4

Séculos adiante, com o aumento da produtividade proporcionado pela revolução industrial, ocorreram profundas mudanças na vida urbana. Primeiramente, a Europa e logo após outras regiões do mundo puderam sustentar densas concentrações demográficas. Em 1850, menos de 7% da população mundial vivia em centros urbanos com mais de 5 mil habitantes, mas um século depois, essa porcentagem chegou a 30% e nas nações industrializadas atingiu o dobro deste valor (**Tabela 2**).

O uso da energia elétrica iniciou o processo de verticalização das cidades, no momento em que permitiu o transporte vertical de pessoas e a elevação de água e energia aos andares. No fim do século XIX e início do século XX ocorreram mudanças significativas no caráter construtivo das cidades. A gradativa mecanização das lavouras dispensava a mão de obra e provocava o abandono do campo, enquanto a expansão desenfreada das cidades originava a crise habitacional.

O processo de industrialização dos grandes centros e a intensa migração campo-cidade, conhecida como “êxodo rural”, ocasionaram a elevação dos preços dos terrenos nas cidades, dando origem à construção de grandes empreendimentos.

### 1.2.2.3 Causas, consequências e interrelações

O crescimento urbano desordenado é causado por diversos fatores inter-relacionados, incluindo: a concentração excessiva de seres humanos em determinados espaços urbanos, atraída pela busca de trabalho e melhores condições de vida; a falta de planejamento da expansão e da infraestrutura necessária para atender a esse crescimento; a gestão urbana deficiente, com frequente falta de integração entre as várias esferas do governo; a exploração turística da cultura, paisagem e dos recursos naturais, provocando adicionais de população em cidades que apresentam esse atrativo; entre outras causas.

As consequências são as mais variadas, e incluem: contaminação de mananciais superficiais e subterrâneos decorrente da falta de saneamento básico; valorização desequilibrada da terra e dos imóveis, contaminação do ar, da água e do solo; desastres socioambientais em decorrência de ocupações de áreas de risco e ocorrência de fenômenos climáticos intensos que atingem áreas urbanas; inundações por drenagem urbana deficiente; crescimento urbano linear ao redor da malha rodoviária, expandindo a área conturbada do núcleo metropolitano e invasão de áreas rurais; crescimento de deslocamentos individuais e redução da mobilidade; deterioração de áreas verdes, ecossistemas e paisagem.

Outras consequências abrangem o déficit habitacional, em quantidade e qualidade; crescimento de assentamentos informais ou invasões; deficiência no controle e fiscalização urbana e ambiental; segregação e exclusão socioespacial; insuficiência na quantidade e qualidade das moradias; insuficiência de infraestrutura viária e sanitária; desrespeito às limitações e condicionantes para o crescimento urbano; desordem espacial; grande pressão urbana próxima ao litoral, por seu potencial cênico e paisagístico; falta de espaços qualificados; pouca articulação intermunicipal e falta de gestão de ordenamento territorial em nível metropolitano; violência urbana; formação de vazios urbanos; entre outras consequências.

A questão do crescimento urbano desordenado inter-relaciona-se com outras como: Infraestruturas: zona de domínio de rodovias e ferrovias, zona de proteção de aeroportos e portos; Proteção de recursos aquáticos: zona de proteção de corpos d'água (rios, lagos, lagoas e outros), zonas de proteção sobre a linha de costa litorânea; áreas com inclinações protegidas: forte inclinação (> 25% < 45%),

muito forte inclinação (< 45 %) e zonas montanhosas (inclinação média superior a 25% e com altura mínima de 100 metros); unidades de Conservação de uso sustentável (áreas de proteção ambiental, florestas nacionais, reservas particulares do patrimônio natural), unidades de conservação de proteção integral (parques nacionais, estaduais, municipais), zonas de proteção ambiental nacionais, estaduais e municipais, zonas com altitude superior a 1800 metros; áreas de pântanos e manguezais; áreas com riscos naturais e zonas de preservação do patrimônio histórico.

#### *1.2.2.4 Como o design pode contribuir?*

A expansão urbana deve prever o menor impacto possível aos recursos naturais, como premissa básica para o desenvolvimento urbano sustentável. Desta forma, tornam-se oportunidades de ação para o design:

- Desenvolvimento de sistemas integrados que promovam a mobilidade;
- Desenvolvimento de espaços e equipamentos de lazer;
- Desenvolvimento de sistemas para a gestão urbana e identificação de prioridades;
- Desenvolvimento de mecanismos para a inserção urbana da edificação prevendo as diferenças culturais entre os segmentos sociais. Cada qual deve estar adequado a sua realidade e cotidiano, suprimindo as deficiências de formação quando necessário ou identificando hábitos da população. Deve integrar e suprir deficiências detectadas na comunidade. Assim, o edifício passa a ser um agente redutor das desigualdades e promotor do desenvolvimento das comunidades numa parceria entre iniciativas público/privadas;
- Identificar a relação dos edifícios com os espaços públicos e de uso coletivo, da composição do cenário da vida coletiva, dos espaços de circulação e de vivência, da riqueza e pluralidade dos espaços urbanos, que deve ser também, um espaço para confronto de interesses que conduz à evolução, no paradoxo dos direitos do indivíduo e da coletividade;
- Desenvolvimento de projetos para tornar a cidade resiliente;
- Criação e apropriação de espaços verdes;
- Promoção de hortas urbanas e atividades permaculturais;
- Desenvolvimento de projetos para revitalização de espaços industriais, sobretudo aqueles que foram desativados;
- Desenvolvimento de projetos para melhor resposta à equação

trabalho/casa;

- Estabelecimento de códigos que assegurem a construção de habitações dentro de padrões mínimos;
- Estratégias projetuais que utilizem componentes naturais e construídos que respondam às questões bioclimáticas regionais (BIRCH; WACHTER, 2008; LIBRELOTTO, 2005).

### 1.2.3 Consumo

#### 1.2.3.1 *Obsolescência planejada*

Os impactos ambientais decorrentes do consumo excessivo apresentam um desafio aos pressupostos básicos que lastreiam estilos de vida contemporâneos, as políticas de desenvolvimento e a própria lógica que rege os fluxos nas cadeias produtivas e nos processos de negócio. Um destes pressupostos que necessita ser revisado é o da “obsolescência programada” segundo o qual é aceitável e, até mesmo, desejável, que produtos sejam desenvolvidos de forma a tornarem-se obsoletos esteticamente ou funcionalmente, demandando que o consumidor compre uma nova geração do produto.

A obsolescência programada é um fenômeno recente na história humana e isto paradoxalmente ocorre em um período onde os produtos têm alcançado níveis de durabilidade e confiabilidade sem precedentes. Os fatores que explicam este fenômeno são diversos mas é possível apontar o barateamento dos custos diretos de produção; a utilização do consumo como estratégia de redução de stress; a maior intensidade de estímulos ao consumo em decorrência dos meios de comunicação em massa; a emergência de novas aspirações do indivíduo em decorrência do aumento dos níveis de educação da sociedade, etc.

Um dos efeitos imediatos mais relevantes da obsolescência programada é o grande volume de resíduos per capita, o que é agravado com a ampla carência no país de sistemas municipais de gestão de resíduos. No setor da moda, e particularmente no “*fast fashion*”, é usual a imposição de um ritmo de obsolescência programada muito rápido de tal forma que produtos são descartados muito antes do final da sua vida útil potencial.

Como salienta Lipovetsky (2001), a moda tem intrinsecamente um caráter efêmero e via de regra fundamenta-se em uma lógica

incessante de mudanças e inovações. Assim, alterar esta lógica implica em desenvolver soluções que mantenham suprida as necessidades dos consumidores ao mesmo tempo que se respeita os limites da natureza, demandando alteração do próprio significado conferido aos artefatos e serviços.

### *1.2.3.2 Estratégias para enfrentar a obsolescência planejada*

As estratégias para se eliminar a obsolescência programada, ou mitigar seus efeitos, são conhecidas. No âmbito dos artefatos a adoção de soluções modulares, por exemplo, onde componentes danificados ou mesmo desatualizados de um dado produto podem ser substituídos, evitam o descarte do produto. Kazazian (2005) propõe a utilização materiais adaptados ao envelhecimento e favorecimento das atividades de manutenção e upgrade.

Zacar (2010) sugere como estratégias efetivas para a redução da obsolescência estética a flexibilização das funções de uso (baixa especialização, multifuncionalidade indefinida, simplicidade); flexibilização das funções técnicas (atualização tecnológica, modularização, transparência); e flexibilização das funções simbólicas (atualização estética, uso de estética local, uso de materiais que “envelhecem bem”, uso de materiais que sofram alterações estéticas ao longo do tempo, customização, personalização, consideração da alteridade).

Note-se que alcançar a implementação destas estratégias demanda ações que transcendem o mero Design dos artefatos físicos, exigindo articulação no âmbito do sistema com a preconização de novas interações entre stakeholders e, desta forma, novos fluxos e modelos de negócio.

### *1.2.3.3 Economia centralizada x economia distribuída*

Associado ao desafio de se eliminar ou mitigar a obsolescência programada está o desafio de se alterar a própria lógica de concepção das cadeias produtivas. Via de regra o paradigma convencional favorece a produção centralizada, padronizada, realizada em grandes lotes e frequentemente distante do ponto de consumo. O esgotamento dos recursos naturais no entorno das cadeias produtivas organizadas segundo esta lógica exige a extração de recursos a distâncias cada vez maiores.

O distanciamento do ponto de consumo exige o dispêndio

de grande volume de recursos com sistemas logísticos, não privilegiando a utilização de recursos de base local. Impõe-se neste modelo o deslocamento diário dos operários para outras áreas das cidades ou, até mesmo, a migração para outras regiões, resultando em impactos sociais como a redução da coesão social e o aumento da marginalização destes indivíduos (VEZZOLI et al., 2018).

No outro extremo temos a lógica da **economia distribuída**, onde a produção é realizada em unidades de fabricação flexíveis e de pequena escala, conectadas em rede e orientadas ao consumo no próprio território onde se encontram. Além de estimular o aumento da diversidade social e da qualidade de vida, maximizando o capital social e o espírito coletivo, a economia distribuída apresenta vários benefícios ambientais potenciais, como a redução nos recursos utilizados com transporte e a valorização dos recursos locais (JOHANSSON et al., 2005).

O movimento na direção de uma economia distribuída é acompanhado pela ampliação do interesse na servitização entre as empresas de manufatura, através da adoção de sistemas produto+serviço. Dentre as motivações para tal interesse está a necessidade de estratégias para enfrentar o aumento da comoditização de produtos e tecnologias, os custos crescentes com insumos e energia e o interesse no aumento da fidelização dos clientes. Estas empresas buscam novas e mais estáveis fontes de receita por meio de serviços requeridos ao longo do ciclo de vida de um produto.

Além disto, o maior contato com clientes e usuários finais traz a vantagem de obtenção de informações relevantes e em maior velocidade sobre o comportamento e as demandas dos clientes (FANG et al., 2008). Muito importante, a migração para serviços demanda novas competências das empresas de manufatura, exigindo alterações em todas as dimensões da organização, desde o perfil de seus colaboradores até na cultura e estrutura organizacional (SALONEN, 2011).

#### *1.2.3.4 O papel da tecnologia*

A ampliação da adoção de modelos orientados à economia distribuída tem o desafio de valorizar o conhecimento local (incluindo comunidades tradicionais e indígenas) e as tecnologias apropriadas e soluções vernaculares desenvolvidas na região. Ao

mesmo tempo, o desafio inclui considerar da possibilidade de utilização dos benefícios das tecnologias emergentes, como a fabricação digital, IoT, BigData e Inteligência Artificial (GWAMURI et al., 2014). Sob a perspectiva ambiental estas novas tecnologias têm contribuído, dentre outros benefícios, para a substituição do transporte de insumos e produtos pelo transporte de dados (KOHTALA, 2014; MATT et al., 2015).

Além disto, as tecnologias de fabricação digital aumentam a capacidade de expressão dos designers e as possibilidades de co-design envolvendo o usuário final, resultando em maior customização e contribuindo para que produtos não sejam descartados prematuramente (DIEGEL et al., 2010; KOHTALA, 2014).

As novas tecnologias têm possibilitado não somente a alteração das práticas de produção, mas, também, novas modalidades e estratégias de relacionamento das organizações (e do Design) com a “multidão”. (*crowd*). Esta evolução vem atender a demanda crescente da população por maior governança, transparência e participação nos processos de decisão. Dentre estas novas modalidades de relacionamento destaca-se o *crowdsourcing*, o qual refere-se ao ato de uma organização terceirizar (ou fazer um convite aberto) para uma rede (geralmente grande) de pessoas para a realização de uma determinada tarefa (ESTELLÉS-AROLAS; GONZALEZ-LADRÓN-DE-GUEVARA, 2012).

Uma derivação é o *crowd-design*, uma modalidade emergente de processo de projeto que utiliza os conhecimentos e recursos disponíveis na multidão, geralmente através da internet, com o propósito de resolver problemas e/ou criar conteúdo, seja de forma voluntária ou remunerada (DICKIE; et al., 2014, p.2). Ao mesmo tempo que se amplia a complexidade do projeto e dos mecanismos de comunicação, amplia-se a abrangência, velocidade e escalabilidade das soluções orientadas à melhoria da eco-eficiência das práticas de consumo e produção.

### 1.3 Consequências ambientais

#### 1.3.1 Danos à saúde humana

O conceito de saúde adotado pela Organização Mundial de Saúde em 1948 é definido como o “estado de completo bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doença”. Esse conceito nos remete à ideia de uma saúde perfeita, provavelmente inatingível

já que a dinâmica, e não o equilíbrio, é dominante ao longo da vida dos seres humanos (BRASIL, 1997).

Em 2012, um estudo da Organização Mundial de Saúde (PRÜSS-USTÜN et al., 2016) estimou que houve 12.6 milhões de mortes em todo mundo atribuídas ao meio ambiente, ou seja, cerca de 23% das mortes, e destas 26% em crianças abaixo de cinco anos. Os principais impactos à saúde (tanto humana quanto animal e vegetal) podem ser analisados de várias formas, e neste texto serão abordadas em termos de três categorias principais: poluição, carcinogênicos e substâncias nocivas à saúde.

### 1.3.1.1 Poluição

#### 1.3.1.1.1 Definição

A poluição refere-se à colocação, no meio ambiente, de substâncias que interferem na saúde humana e dos demais seres vivos por meio das atividades antropogênicas, tanto de forma intencional ou não, e pode ser estudada sob dois aspectos principais: os poluentes do ar e a névoa fotoquímica.

#### 1.3.1.1.2 Principais elementos poluentes

Entre os principais poluentes do ar estão (CIÊNCIAVIVA, 2018):

- **Monóxido de Carbono (CO):** gás incolor e inodoro que ao entrar em contato com a corrente sanguínea afeta a absorção de oxigênio, podendo resultar em problemas respiratórios e asfixia, com reflexos na capacidade perceptiva e de trabalho. É emitido principalmente pela queima incompleta de combustíveis fósseis, mas também pela oxidação do gás metano (CH<sub>4</sub>);
- **Dióxido de Enxofre ou Anidrido Sulfuroso (SO<sub>2</sub>)** - gás incolor solúvel em água que pode causar irritação das vias respiratórias, das mucosas dos olhos e da pele; pode causar queimaduras e evoluir para problemas cardiovasculares, e seus sintomas de intoxicação podem incluir vômito, dificuldade de respirar, dispneia, cianose, tosse, dores abdominais e náuseas. Além das fontes naturais como as atividades vulcânicas, as atividades antropogênicas que utilizam a queima de combustíveis fósseis, tanto nas indústrias quanto em veículos, são as principais geradoras desse poluente;
- **Partículas sólidas:** resultam de fontes variadas, incluindo a queima de combustíveis fósseis, os processos industriais e o tráfego rodoviário, mas também de reações químicas entre poluentes diversos. Possuem tamanhos variados, e devido à capacidade de transportar substâncias tóxicas podem causar problemas

respiratórios, irritações, tosse, bronquite e asma.

A **névoa fotoquímica** é um fenômeno que resulta em alta concentração de ozônio (O<sub>3</sub>) no ar. O<sub>3</sub> é o principal oxidante fotoquímico presente na atmosfera e tem por função regular os níveis de raios UV incidentes no planeta, mas que também pode afetar a saúde humana, principalmente as vias respiratórias, tendo como sintomas irritações nos olhos, nariz e garganta, tosse e dor de cabeça. Os principais causadores da névoa fotoquímica são:

- **NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrogênio):** principalmente óxido nítrico (NO) e dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>). O primeiro é um gás incolor e inodoro, e o segundo resulta da oxidação do primeiro, tem odor forte, é corrosivo e oxidante, e pode provocar lesões nos brônquios e alvéolos pulmonares, bronquite, enfisemas e edemas, insuficiência respiratória e até a morte, tendo sintomas como irritação e ardência nos olhos, nariz e mucosas. Os NO<sub>x</sub> são emitidos por atividades como a queima de combustíveis fósseis, tanto nas indústrias quanto em veículos.
- **Compostos orgânicos voláteis (VOC):** trata-se de uma categoria que inclui um amplo conjunto de hidrocarbonetos (benzeno, xileno, tolueno e outros) utilizados em processos industriais variados (tintas, solventes, vernizes, colas, produtos de limpeza) e resultantes da queima de combustíveis fósseis, além da evaporação, sobretudo em ambientes fechados. Os danos à saúde incluem problemas respiratórios, danos no sistema nervoso, fígado e rins, irritação, fadiga, tosse, dor de cabeça, e até câncer.

Cabe ressaltar que foram identificados ainda problemas gestacionais nas mulheres e menor peso dos bebês que nasciam no período mais seco do ano, no qual os níveis de poluição aumentam, além de desequilíbrio na taxa de natalidade entre meninos e meninas, com aumento de crianças do sexo feminino nas regiões com maior poluição (BRASIL, 2014).

As unidades de medida de poluição incluem, para névoa fotoquímica, compostos orgânicos voláteis não metânicos (NMVOC), óxido nítrico (NO<sub>x</sub>) equivalente, e ozônio ao nível do solo (O<sub>3</sub>). Para a saúde respiratória, utiliza-se como medida a matéria particulada (PM) de tamanho especificado.

### *1.3.1.2 Substâncias nocivas à saúde*

#### *1.3.1.2.1 Definição*

Nesta categoria estão incluídas as substâncias químicas que, embora

não sejam cancerígenas, causam grande variedade de danos à saúde humana e animal. Podem ser analisadas em termos de dois grupos principais: os componentes orgânicos e os inorgânicos.

O relatório da Organização Mundial de Saúde de 2016 (PRÜSS-USTÜN et al., 2016) estima que 1,3 milhões de vidas e 43 milhões de anos de vida ajustados (disability-adjusted life-years) por incapacidade foram perdidos em 2012 devido a exposições a produtos químicos. Considera-se que as intoxicações não intencionais causam 193 mil mortes por ano, sendo a maior parte das exposições químicas evitáveis, no entanto, apenas 47% dos países têm um centro de venenos.

#### 1.3.1.2.2 Principais substâncias nocivas à saúde

Todos os anos são introduzidas novas substâncias químicas no mercado e não há o acompanhamento ou conhecimento de sua toxicidade. Mesmo as substâncias tradicionais foram pouco estudadas e não há pesquisas sobre efeitos crônicos da baixa dosagem ou da combinação de substâncias. Fazer a regulamentação e gestão adequadas à exposição ao chumbo, por exemplo, evitaria 9,8% da deficiência intelectual, 4% da doença cardíaca isquêmica e 4,6% do AVC na população (PRÜSS-USTÜN et al., 2016).

Entre os componentes orgânicos (incluindo os voláteis, ou VOC) e seus efeitos pode-se destacar (PRÜSS-USTÜN et al., 2016):

- **Aldrin e dieldrin**, que afetam o sistema nervoso central, e em doses altas são fatais;
- **Benzeno**, que pode ocasionar a depressão no sistema nervoso central;
- **Xileno e tolueno**, que provocam dores de cabeça, fadiga, falta de equilíbrio, problemas respiratórios e vários outros problemas;
- **Clordano**, que provoca vômitos e convulsões e pode causar mutações;
- Pesticida **diclorodifeniltricloroetano (DDT)**, que afeta o sistema nervoso central, e está proibido em vários países.

Dentre os componentes inorgânicos e seus efeitos, é possível citar (PRÜSS-USTÜN et al., 2016):

- **Arsênio**, que causa debilidade muscular, perda de apetite, náusea e comprometimento do sistema nervoso central;
- **Cádmio**, que provoca desordem gastrointestinal grave, bronquite,

enfisema, anemia e cálculo renal;

- **Chumbo**, que provoca cansaço, transtornos abdominais, irritabilidade e anemia;
- **Cianeto**, que pode ser fatal em doses altas;
- **Cromo**, que causa irritação nas mucosas gastrointestinais, úlcera e inflamação da pele, e doenças no fígado e nos rins, podendo levar à morte;
- **Fuoretos**, que em doses altas provocam doenças nos ossos e inflamação no estômago e no intestino, causando hemorragia;
- **Mercúrio**, que causa transtornos neurológicos e renais, afeta as glândulas sexuais, altera o metabolismo do colesterol e provoca mutações;
- **Nitratos**, que causam deficiência de hemoglobina no sangue de crianças, podendo levar à morte;
- **Prata**, que é fatal para o homem em doses extremamente altas e provoca descoloração da pele, dos cabelos e das unhas.

As causas diretas de emissão desses materiais incluem:

- Descarga de resíduos industriais e urbanos nos corpos hídricos contendo metais tóxicos (mercúrio, chumbo, arsênico cádmio, cromo, mercúrio, níquel, selênio e zinco), petróleo e seus derivados, óleos e demais substâncias químicas;
- Exalação de substâncias tóxicas de depósito de lixo não impermeabilizado;
- Uso de substâncias aditivadas com Policlorobifenile (PCB).

As unidades de medida de substâncias tóxicas incluem herbicida 2,4-D (ácido diclorofenoxiacético) equivalente, unidades tóxicas comparativas (CTUh), e tolueno (C7H8) equivalente.

### 1.3.1.3 Carcinogênicos

#### 1.3.1.3.1 Definição

As substâncias causadoras de câncer representam uma categoria de substâncias nocivas à saúde que provocam danos ao nível intracelular, podendo levar à morte ou deficiência permanente. Em sua maioria, provocam também mutações genéticas (mutagênicas) e muitas vezes má formação congênita em bebês ainda no útero (teratogênicas).

#### 1.3.1.3.2 Principais elementos carcinogênicos

Entre as principais substâncias carcinogênicas atualmente utilizadas

pela indústria estão:

- **Benzeno**, que é um composto orgânico volátil (VOC) inflamável, utilizado na gasolina e como solvente de tintas, colas e vernizes pela indústria e altamente cancerígeno, mesmo em dosagens baixas (MICHEL, 2000; ATSDR, 1996, 2004);
- **Formol**, que é utilizado como preservativo, desinfetante e antisséptico e na produção de borracha sintética, entre outros usos;
- **Agrotóxicos**, especialmente alguns do tipo organoclorado, como o DDT e clordano, e do tipo organofosforado, como diclorvos (IARC, 2005);
- **Herbicidas** que contêm dioxinas, associadas ao surgimento de linfomas (TRAPÉ, 2005);
- **Amianto (ou asbesto)**, utilizado na fabricação de materiais de construção (ASTDR, 2001; CASTRO, 2003);
- **Sílica** (dióxido de silício ou SiO<sub>2</sub>), que afeta as células ao nível do DNA (NIOSH, 2002).

Além dessas substâncias, são também cancerígenos os processos de radiação, que se enquadram em dois tipos principais:

- Os que utilizam **radiação ionizante**, como raios X, raios gama, utilizados em processos de radiografia, esterilização (hospitalar, alimentos), modificação de materiais (por exemplo, pedras preciosas, polímeros especiais);
- Os processos de **radiação não ionizante**, principalmente decorrentes da luz solar na forma de raios ultravioleta (UV), que afetam a pele dos indivíduos que trabalham ao ar livre, mas que também são utilizados em processos de soldagem, câmaras de bronzeamento, entre outras aplicações.

As unidades de medida de carcinogênicos incluem: benzeno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) equivalente, cloreto de vinila (C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>Cl) equivalente, e unidades tóxicas comparativas (CTUh). As unidades de medida de radiação ionizante incluem: becquerels de carbono 14 (Bq C-14) equivalente, e quilogramas urânio-235 (U-235) equivalente.

#### *1.3.1.4 Contaminação do solo (falta de saneamento)*

##### *1.3.1.4.1 Definição*

Embora não seja considerado na literatura como um tipo de impacto ambiental, a contaminação do solo representa um problema significativo em termos de danos à saúde humana, principalmente nos países mais pobres ou em desenvolvimento, como o Brasil. A falta de saneamento básico é a principal causa de contaminação do

solo por substâncias tóxicas ou parasitas, e acredita-se que mais de 2 bilhões de pessoas sejam infectadas por ano (WHO, 2012 apud PRÜSS-USTÜN et al, 2016).

#### 1.3.1.4.2 Principais contaminantes do solo

Ascaridíase (lombriga), Teníase (tênia), Ancilostomose (ou “amarelão”), Cisticercose e Tricuríase são infecções intestinais transmitidas pelo solo contaminado. Estas infecções, se forem muito intensas, afetam o crescimento físico e o desenvolvimento cognitivo das crianças e são uma causa importante de deficiências de micronutrientes, como a anemia motivada por deficiência de ferro.

A ampliação do acesso para o descarte seguro de dejetos humanos (excreções) reduz 34% das transmissões por solo de infecções por nematódeos (STRUNZ et al, 2014 apud PRÜSS-USTÜN et al., 2016). Segundo a UNICEF (2005), mais de 4,5 bilhões de pessoas ainda não têm banheiros com tratamento correto dos dejetos, 2,3 bilhões não têm acesso ao saneamento básico, e 890 milhões defecam ao ar livre.

Em uma pesquisa brasileira feita em 600 cemitérios (75% municipais e 25% particulares), verificou-se que de 15% a 20% deles apresentavam contaminação do subsolo pelo necrochorume, líquido formado quando os corpos se decompõem, afetando diretamente o lençol freático sob os cemitérios ou em suas proximidades (SILVA & MALAGUTI, 2009 apud TEIXEIRA, 2012, p. 104).

#### 1.3.1.5 Como o design pode contribuir?

A redução de danos à saúde tem estreita relação com o campo da engenharia de materiais, o qual depende de conhecimentos científicos interdisciplinares, incluindo o design. As inovações em materiais têm custos elevados devido ao longo tempo de maturação, ao preço dos insumos e equipamentos, aos testes, padronização até a certificação final, além das mudanças tecnológicas produtivas e organizacionais na fase da produção industrial.

O resultado é um número muito grande de materiais alternativos aos que vinham sendo tradicionalmente utilizados. Há um abandono do multiuso – um mesmo material para vários produtos –, no sentido de uma especialização maior dos materiais, ou seja, várias opções de material para um mesmo produto.

Assim, minimiza-se tempo, trabalho e recursos financeiros dispendidos a cada projeto, além dos impactos ambientais, e

maximiza-se desempenho, segurança, conforto e competitividade para o produtor e satisfação do consumidor final, além de um ganho adicional de competência técnica geral para os setores envolvidos.

O design encontra um campo fértil nesse cenário. Evitar danos à saúde humana e animal na produção e distribuição de bens e serviços implica considerar todo o ciclo de vida deles. Inicia com a correta especificação de materiais e processos de baixa toxicidade na produção e distribuição, passa pelo seu uso ou consumo correto e, por fim, no seu descarte na forma mais limpa possível, seja pelo reuso, reciclagem, ou mesmo recuperação energética. A solução está, portanto, no projeto.

Vários exemplos podem ser citados com relação às possíveis contribuições do design para evitar ou reduzir os danos à saúde humana:

- **Consumo de madeira em grande escala:** os impactos dos resíduos madeireiros ao ecossistema instigam a ciência florestal ao desenvolvimento de pesquisas sobre soluções mitigadoras dos impactos ambientais gerados nos processos produtivos. Existe a demanda por soluções que viabilizem a utilização de resíduos de painéis de madeira – oriundos do setor moveleiro, da construção civil e outros em que ocorre o descarte elevado – para compor novos materiais que fechem o ciclo produtivo e possam ser reaproveitados. O design tem papel importante no desenvolvimento dessas novas soluções de materiais e suas aplicações, proporcionado novas oportunidades de criação de valor, mas também por possibilitar a redução do impacto da poluição causada pelo descarte incorreto de móveis em fim de vida nas cidades;
- **Indústrias do setor coureiro-calçadista:** utilizam diversos materiais para a produção de calçados, bolsas e acessórios (borracha, couro, materiais têxteis e laminados sintéticos), os quais geram uma quantidade considerável de resíduo após seu uso. Um mau controle do descarte ou a não reutilização dos resíduos causam dano ambiental regional (TREIN et al., 2014). Um dos graves problemas da indústria do couro é a etapa de curtimento, que quando feito com cromo é altamente poluente, porém superior às dos demais processos opcionais, como o curtimento vegetal, à base de tanino. Existe ampla legislação ambiental para o setor, mas a fiscalização é problemática. Enquanto empresas certificadas consomem 90 litros/m<sup>2</sup> e 0,5 kg de produtos químicos para cada kg de couro produzido, esse consumo pode chegar a 350 litros/m<sup>2</sup> em empresas não certificadas. Estratégias que combinem design e certificação de produto, por exemplo, podem ser relevantes nesse caso;

- **Fibras sintéticas**, em geral poliéster, combinadas com tecidos naturais, como o algodão, são hoje recobertas por camadas poliméricas, em especial os poliuretanos, originando compósitos. Conhecidos e tratados como materiais sintéticos são mais leves, versáteis, disponíveis em várias formas, duráveis e flexíveis. Sua utilização, portanto, começa a ser cada vez mais intensificada e ampliada na indústria calçadista na substituição de materiais tradicionais, como o couro, gerando por sua vez, uma nova soma de resíduos contaminantes. Atualmente está sendo intensificado o uso de fibras naturais, especialmente o cânhamo, linho e juta para a fabricação de compostos biodegradáveis. De acordo com Thompson (2015), os compostos convencionais (fibra de vidro, carbono e aramida) consomem muita energia em sua produção e são difíceis de reciclar. Esses fatores, aliados à constante conscientização ambiental pelos diversos setores consumistas, estão oportunizando o uso cada vez maior das fibras naturais em materiais compósitos, o que representa uma oportunidade para o design de produtos mais limpos;
- O **copolímero de etileno-acetato de vinila (EVA)** é um dos materiais mais utilizados na indústria brasileira em diversas partes do calçado. O resíduo de EVA em questão é composto pelos retalhos que sobram no processo de corte, variando de 12% a 20% sobre o consumo, dependendo do processo empregado no corte. Diversos materiais alternativos estão sendo estudados com o objetivo de substituir o uso de materiais sintéticos no calçado, entre eles destacam-se fibra de coco, Piñatex, cânhamo e couro de peixe (LEFTERI, 2017), que devem ser explorados pelo design a fim de se criar produtos menos poluentes;
- **Construção civil:** especialmente nos cimentos de baixo impacto ambiental, Jalali et. al. (2012) apresentam que a tendência da produção de concreto com agregados reciclados juntamente com o gerenciamento de resíduos da obra desponta como algumas das atividades que mais vêm sendo pesquisadas, entre eles o estudo e o desenvolvimento dos geopolímeros. Estima-se que 50% dos recursos materiais extraídos da natureza estão relacionados à atividade de construção, e mais de 50% da produção de resíduos provêm do setor. Exemplos de produtos que incorporam o conceito de desenvolvimento sustentável na construção civil são: a torneira automática, que é 20% mais econômica que a convencional; a torneira eletrônica, 40%; e a válvula de descarga automática,

que reduz em 50% o valor da conta de água (COELHO, 2007). A construção civil representa, portanto, um campo fértil de ação para o design, tendo como foco a saúde humana e animal.

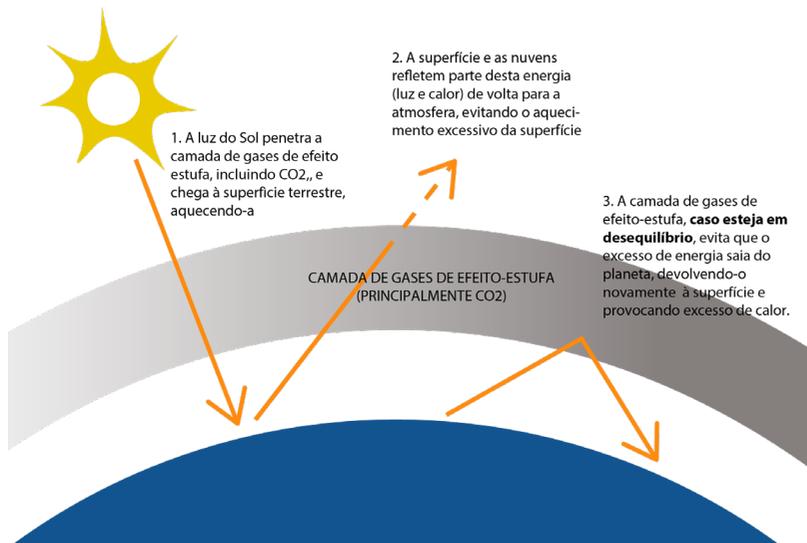
## 1.3.2 Danos ecológicos

### 1.3.2.1 Aquecimento global e mudanças climáticas

#### 1.3.2.1.1 Definição

Dentre os problemas ambientais relacionados, talvez o aquecimento global esteja entre os mais comentados informalmente pela população. Ano após ano tem-se a sensação de que nosso clima está cada vez mais imprevisível. As mudanças climáticas estão se intensificando, e com isso a geração de alimentos fica seriamente ameaçada. O famoso efeito estufa é comentado desde a década de 1970, até menos. No entanto, somente na Agenda 21 houve alguma intenção séria de tratar sobre o assunto.

Cabe esclarecer que o aquecimento global se refere ao desequilíbrio de um fenômeno natural ao planeta Terra: o efeito-estufa, que é a capacidade do planeta regular sua própria temperatura por meio da absorção da radiação infravermelha (responsável pela sensação de calor) por alguns gases presentes na atmosfera (**Figura 3**). É essa absorção que, dentro de limites aceitáveis, permite a vida no planeta, mas que a partir de determinado nível também pode inviabilizá-la (IPCC, 2007).



**Figura 3.** Esquema descritivo do efeito-estufa.

Fonte: IPCC, 2007.

As principais causas do aquecimento global são bem conhecidas, dentre as quais destacam-se a queima dos combustíveis fósseis, o desmatamento e superpopulação. A inundação de áreas costeiras, segundo especialistas, é motivada pelo descontrole climático originado pelo aquecimento global.

A Conferência do Clima em Paris (COP21) teve como um de seus resultados o acordo global para limitar as emissões de gases do efeito estufa, buscando a redução das mudanças climáticas. Um estudo interessante sobre a conscientização popular dos problemas ambientais é encontrado em Lima et al. (2017), que argumentam sobre a possibilidade de as pessoas serem levadas ao medo ou à estimulação para o enfrentamento dos problemas ambientais.

Essa questão mostra a polarização existente no mundo moderno, onde a velocidade da informação, que permite o debate simultâneo baseado em notícias instantâneas e nem sempre verdadeiras, faz com que a grande maioria das pessoas, embora teoricamente conhecedoras da problemática ambiental, tenham dúvidas sobre: 1) a veracidade das consequências dos problemas ambientais; 2) a verdadeira intenção de medidas tomadas por governos e empresas no sentido de diminuir a emissão de poluentes.

Se as causas do aquecimento são bem conhecidas, suas consequências não seguem o mesmo caminho. A COP 21 estabeleceu para a elevação de temperatura geral do planeta um teto de 1,5 °C, valor que se ultrapassado leva o mundo ao degelo dos polos em quantidade nunca registrada, com risco de extinção aos países insulares.

Porém, pesquisas apontam para um acréscimo contínuo que tende a ultrapassar em breve os atuais 0,93 °C de aquecimento global, outras pesquisas demonstram que o chamado “centro de metal climático” não é fisicamente impossível de ser atingido (como proferido pelos mais pessimistas), nem demandará necessariamente de intervenções de engenharia em escala planetária. No entanto, é consenso de que isso exigirá que a parte econômica do pilar da sustentabilidade (econômico, social e ambiental) passe a ser considerado, de fato, como um elo, e não um entrave.

#### 1.3.2.1.2 Principais elementos causadores do aquecimento global e mudanças climáticas

Os principais elementos químicos que afetam as mudanças

climáticas e o efeito estufa incluem quatro gases principais de efeito estufa (GEE) e mais duas famílias de gases (MMA, 2017).

- **Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)** é o mais abundante, sendo emitido pela queima de combustíveis fósseis e pela remoção das florestas.
- **Metano (CH<sub>4</sub>)** é emitido pela decomposição de matéria orgânica (aterros sanitários, reservatórios de hidroelétricas, plantio de arroz, criação de gado). É 21 vezes mais impactante que o CO<sub>2</sub> para o aquecimento global.
- **Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)** tratamento de dejetos animais, uso de fertilizantes, queima de combustíveis fósseis e processos industriais. É 310 vezes mais impactante que o CO<sub>2</sub> para o aquecimento global.
- **Hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>)** é utilizado como isolante térmico e condutor de calor. Tem poder de aquecimento global 23.900 vezes maior que o CO<sub>2</sub>.

Da família dos halocarbonos produzidos por atividades antrópicas têm-se:

- **Hidrofluorcarbonos (HFCs)** são os substitutos dos clorofluorcarbonos (CFCs) em aerossóis e refrigeradores, pois não agredem a camada de ozônio, mas têm alto poder de aquecimento.
- **Perfluorcarbonos (PFCs)** são utilizados como gases refrigerantes, solventes, propulsores, espuma e aerossóis e têm alto potencial de aquecimento global.

### 1.3.2.1.3 Como o design pode contribuir?

A contribuição do design para a redução dos diversos tipos de danos ecológicos pode ser feita de várias maneiras. Os designers podem ajudar a reduzir os efeitos do aquecimento global:

- Projetando produtos que reduzam ou eliminem o uso de combustíveis fósseis, tanto na produção quanto na distribuição, privilegiando fontes renováveis com menor emissão de CO<sub>2</sub>. (solar, eólica);
- Projetar produtos que utilizem certificação ambiental de manejo das florestas, como o Forest Stewardship Council, ou FSC (Ex.: mobiliário, embalagens);
- Projetar sistemas logísticos mais eficientes, que reduzam ou eliminem a necessidade de transporte com veículos movidos a combustíveis fósseis que emitem NO, NO<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>;
- Projetar soluções para alimentação humana e animal que reduzam a necessidade do consumo de carne bovina, com consequente

- redução nas emissões de metano (CH<sub>4</sub>);
- Projetar produtos duráveis, evitando descarte precoce em aterros sanitários que emitem CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> e outros gases de efeito-estufa;
- Projetar produtos que não utilizem hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>), clorofluorcarbonos (CFCs) e perfluorcarbonos (PFCs).

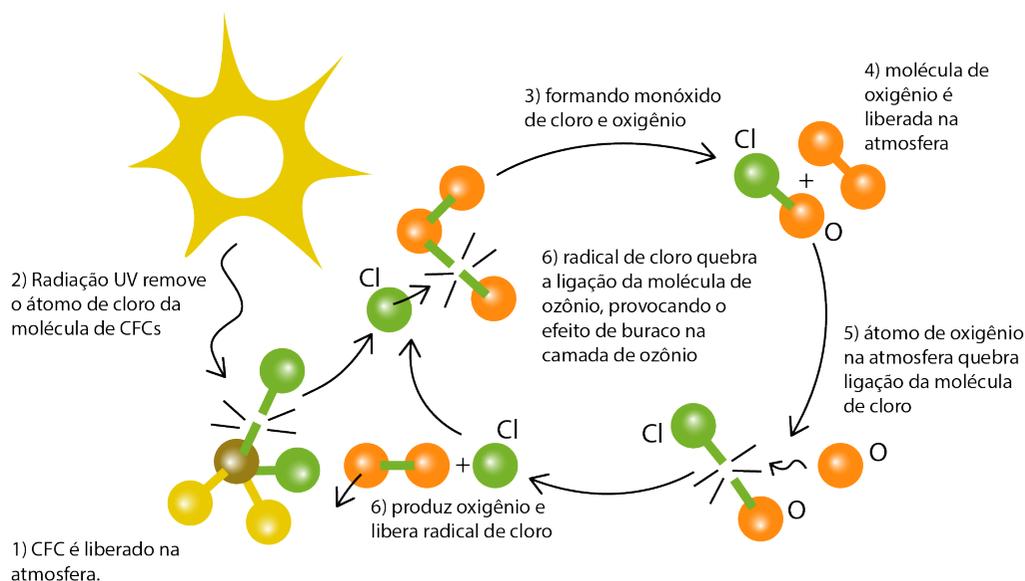
### *1.3.2.2 Destruição da camada de ozônio*

#### *1.3.2.2.1 Definição*

O Ozônio (O<sub>3</sub>) é um gás formado por oxigênio; ele forma uma fina camada na parte superior da atmosfera (acima de 25 km da superfície) que funciona como proteção à vida no planeta, filtrando a quantidade de raios ultravioleta (UV) incidentes. A incidência de raios UV, em quantidades excessivas, é responsável por problemas como redução da capacidade imunológica, câncer e catarata nos seres humanos, redução na produtividade das plantas e plânctons (base da cadeia alimentar marinha) e afetando significativamente os seres vivos que vivem em locais de alta latitude.

O principal fator antropogênico de destruição da camada de ozônio é a emissão de gases clorofluorcarbono (CFCs) – como Freon, utilizados em aerossóis e em equipamentos de refrigeração de diversos tipos, tetracloroeto de carbono (CTC), hidroclorofluorcarbono (HCFC), halon e o brometo de metila – que causa a liberação de cloro (Cl), flúor (F) ou bromo (Br), os quais, ao reagirem com o ozônio, destroem suas moléculas. Por isso são denominadas substâncias destruidoras da camada de ozônio (SDOs), e sua emissão é controlada pelo Protocolo de Montreal, assinado em 1987. O mecanismo de destruição da camada de ozônio pode ser compreendido com base na **Figura 4**.

A partir desse tratado internacional, as indústrias passaram a substituir os SDOs por gases alternativos, como o butano e o propano. Com isso, foi possível frear o aumento de buracos na camada de ozônio provocados pela emissão de gases CFC, principalmente sobre os polos Sul e Norte, mas também os Estados Unidos, Europa, norte da China e Japão. Em menor escala, outros compostos também afetam a camada de ozônio, incluindo os óxidos nítricos e nitrosos e o CO<sub>2</sub>.



### 1.3.2.2.2 Principais elementos causadores da depleção da camada de ozônio

Os principais elementos químicos relacionados à depleção da camada de ozônio são as substâncias químicas halogenadas contendo átomos de cloro (Cl), flúor (F) ou bromo (Br), emitidas pela atividade humana. Em alguns países há a migração para fluidos naturais, como o NH<sub>3</sub> (amônia), CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), água e hidrocarbonetos. Outras substâncias artificiais estão sendo testadas como os HFCs de baixo potencial de aquecimento global (MMA, 2017b).

- **Clorofluorcarbono (CFC):** é uma substância sintética formada por átomos de carbono, cloro e flúor. Existem diferentes derivados deste composto (Exemplo: CFC 11, CFC 12 etc.) que servem para diferentes aplicações, como fabricação de espumas de poliuretano, aerossóis, medicamentos, fluido de refrigeração, esterilizante etc.
- **Hidroclorofluorcabono (HCFC):** também artificial, formado por hidrogênio, cloro, flúor e carbono. Utilizado em aparelhos de ar condicionado, refrigeração, extintor de incêndio, espumas e solventes, poliestireno extrudado, Chillers (resfriadores centrífugos), limpeza de circuitos etc.
- **Brometo de metila (CH<sub>3</sub>Br):** é um gás liquefeito sob pressão que tem origem natural ou sintética, sendo um composto orgânico halogenado. É altamente tóxico e letal para qualquer ser vivo,

**Figura 4.** O mecanismo de destruição da camada de ozônio pela emissão de CFC.

Fonte: PBH (2018).

utilizado na agricultura para desinfecção e esterilização de solos e plantações e desinfecção de depósitos e moinhos.

A unidade de mensuração de gases nocivos à camada de ozônio é o CFC-11 equivalente.

#### 1.3.2.2.3 Como o design pode contribuir?

A contribuição do design para a redução dos diversos tipos de danos ecológicos pode ser feita de várias maneiras. Os designers podem ajudar a reduzir os efeitos do aquecimento global:

- Projetando produtos, sejam eles de uso (por exemplo, equipamentos de refrigeração, como refrigerador ou aparelho de ar condicionado) ou de consumo (como os produtos aerossóis) que não utilizem as substâncias destruidoras da camada de ozônio, principalmente os CFCs;
- Especificando processos produtivos que evitem ou minimizem o uso de SDOs;
- Especificando processos de transporte e armazenamento que evitem ou minimizem o uso de SDOs;
- Reduzindo a necessidade de transporte, especialmente com uso de veículos que emitem NO, NO<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>.

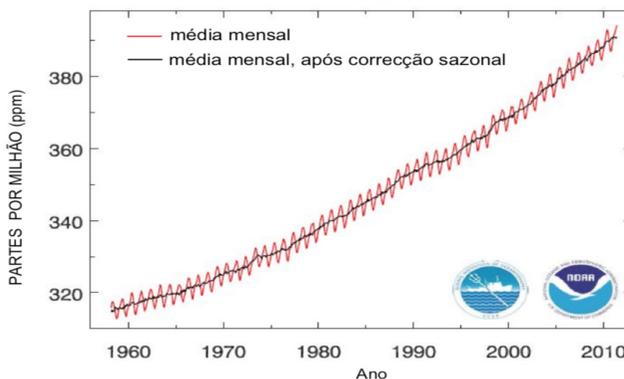
### 1.3.2.3 Acidificação

#### 1.3.2.3.1 Definição

O aumento contínuo da emissão antropogênica de CO<sub>2</sub> desde a revolução industrial, há aproximadamente 250 anos, resultou no aumento do nível da substância na atmosfera em 40% em relação àquele da era pré-industrial (**Figura 5**).

**Figura 5.** Curva de Keeling, média mensal de CO<sub>2</sub> atmosférico

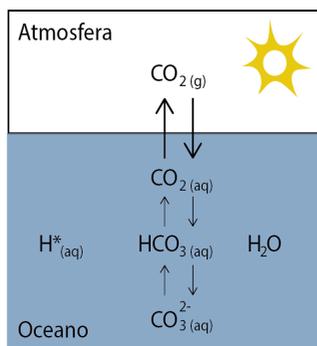
Fonte: TANS; KEELING, (2011) apud BARROS, (2011). (ppm)



As principais causas são o aumento da queima de combustíveis fósseis e mau uso do solo. Tal estilo de vida da sociedade acompanhado pelo desenvolvimento socioambiental trouxe mudanças de longo prazo não só para a fauna e flora, mas para os oceanos também. (HATJE, et al., 2013; BARROS, 2011). A água marinha possui salinidade que propicia a absorção do CO<sub>2</sub> atmosférico, a qual aumenta proporcionalmente à taxa de concentração desta substância na atmosfera.

*“Cerca de 33% das emissões atmosféricas humanas de CO<sub>2</sub> atualmente são absorvidas pelos oceanos através da sua dissolução na água do mar e absorção de carbono pela biota marinha.” (ARTAXO, 2014).*

A mistura de CO<sub>2</sub> com a água resulta em ácido carbônico, que acidifica as águas marinhas (**Figura 6**). Por acidificação entende-se a redução do pH da água por décadas (longo período). Assim "a água possui efeito corrosivo para os organismos que produzem conchas e outras estruturas calcárias, podendo afetar também a sua reprodução, fisiologia e distribuição geográfica" (HATJE et al., 2013, p. 1502).



**Figura 6.** Representação esquemática do equilíbrio químico do sistema carbonato-dióxido de carbono na água do mar

Fonte: HATJE et al (2013).

A acidificação dos oceanos é irreversível na escala de vida humana. Sobre os efeitos na fauna e flora, Artaxo afirma que:

*“Nos últimos 200 anos, a acidez dos oceanos aumentou cerca de 30%, em média, enquanto a concentração de carbonatos caiu 16% desde a era pré-industrial. Muitos animais marinhos são sensíveis a alterações da acidez oceânica, pois eles secretam carbonato de cálcio na forma de aragonita e calcita, que se dissolvem em meio mais ácido. Os corais e o plâncton marinho também são particularmente sensíveis ao aumento da acidez” (ARTAXO, 2014, p. 18).*

Sendo a cadeia alimentar oceânica interdependente, os outros seres marinhos também são afetados. Adicionalmente, pode-se afirmar que o aumento da temperatura dos oceanos junto à acidificação leva a uma menor capacidade de absorção de CO<sub>2</sub> pelas águas, pois “absorção de CO<sub>2</sub> é favorecida particularmente quando a temperatura do oceano à superfície é mais fria, dado a maior solubilidade do CO<sub>2</sub> em águas de baixas temperaturas.” (BARROS, 2011, p. 4). Assim, o aumento do aquecimento global leva à elevação da temperatura dos oceanos, gerando assim um círculo vicioso.

Com o ritmo atual de emissão antropogênica de CO<sub>2</sub>, pode-se afirmar que os impactos serão a perda de biodiversidade, de recursos financeiros ligados à pesca e turismo, sendo que é importante citar dois outros problemas ambientais que os oceanos vêm sofrendo, o aquecimento das águas e a eutrofização.

#### 1.3.2.3.2 Principais elementos causadores da acidificação

O aumento da acidez na chuva ocorre principalmente quando há aumento na concentração de óxidos de enxofre e nitrogênio na atmosfera. Esses óxidos e o óxido de carbono são chamados de óxidos ácidos, porque em contato com a água (neste caso água de chuva) formam ácidos (USP, 2017). Cerca de 30% da emissão de CO<sub>2</sub> pela ação do homem vai para o oceano. Quando a água (H<sub>2</sub>O) e o gás se encontram, é formado o ácido carbônico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) que se dissocia no mar, formando íons carbonato (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) e hidrogênio (H<sup>+</sup>) (ECYCLE, 2017). Esse processo pode ser visualizado na **Figura 6**.

- **Amônia anidra (NH<sub>3</sub>):** estrume de gado, produtos de limpeza com amoníaco, uso de tintas à base de solventes.
- **Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>)** emissões gás pelo uso de carros, indústrias, refinarias, centrais elétricas, aquecimento das habitações.

#### 1.3.2.4 Chuva ácida

##### 1.3.2.4.1 Definição

O crescimento da industrialização e da população urbana gerou a demanda de energia e de produtos, aumentando exponencialmente a emissão de poluentes no ar causados principalmente pela queima de óleos fósseis como o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), e os óxidos de nitrogênio (NO e NO<sub>2</sub>, chamados NOX).

A precipitação de elementos ácidos que podem ser úmidos ou secos

(por isso Fornaro (2006) denomina “precipitações ácidas”) pode ter causas naturais (como vulcões) ou antrópicas (processos industriais), sendo que as causas naturais apresentam baixo risco ao meio. A chuva ácida tratada neste capítulo se refere àquela causada pelo homem.

Essa tipologia de precipitação é um dos maiores problemas ambientais da atualidade e surgiu no contexto da Revolução Industrial do século XVIII, quando carvão mineral era queimado em altas quantidades para gerar energia para as indústrias. O termo foi cunhado em 1852, pelo inglês químico e climatologista Robert A. Smith, sendo que à época constatou-se que a queima de carvão influenciava a composição química da precipitação, que por sua vez prejudicava a fauna e flora (EDWARD et al. 1983; FORNARO, 2006; SCHINDLER, 1988).

#### 1.3.2.4.2 Principais elementos causadores da chuva ácida

##### **Os poluentes atmosféricos**

A poluição do ar, cuja gravidade se evidencia nos grandes centros urbanos e industriais, expõe o ser humano a riscos à saúde de forma direta – através da inalação dos gases – e de forma indireta – como absorção pela pele, ingestão de água potável e alimentos contaminados. Os efeitos da contaminação são relacionados à intensidade, tempo de exposição e condições de saúde da pessoa exposta.

Algumas parcelas da sociedade são mais vulneráveis, como crianças e idosos (FORNARO, 2006). Os principais emissores de gases que poluem a atmosfera são:

*[...] a queima de combustíveis (gás natural, carvão, gasolina, álcool, diesel, etc.); processos industriais (fundições, refinarias, fabricação de fertilizantes ou papel, etc.); queimadas (florestas, plantações); sal marinho; erupções vulcânicas; suspensão do material particulado do solo; reações químicas na atmosfera (também classificados como processos de remoção de poluentes, pois quando uma espécie é transformada em outra se tem um mecanismo de remoção da espécie original).*

Adicionalmente, dentre os principais poluentes originados desses emissores merecem destaque o material particulado (tamanho, massa e composição química variável), os já mencionados CO e CO<sub>2</sub>,

NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, hidrocarbonetos, ácidos orgânicos, além de íons em geral (Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>), metais (Fe, Cu, Pb, Ni, Cd, etc.) e ozônio (O<sub>3</sub>). (FORNARO, 2006, p. 81).

Na atmosfera podem estar concentrados poluentes primários e secundários. Os primários são aqueles emitidos pelas fontes, ou seja: SO<sub>2</sub>, NO, NH<sub>3</sub>, hidrocarbonetos, material particulado etc. Os secundários são aqueles gerados por meio de reações entre as substâncias naturalmente existentes na atmosfera e os poluentes primários (O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, ácidos sulfúrico e nítrico etc.). As precipitações ácidas são formadas pelos poluentes secundários, cujas fórmulas químicas e de formação são explicadas a seguir.

### **A química da chuva ácida**

Para o estudo de acidez das precipitações, considera-se “fronteira natural”, ou pH neutro, o pH 5,6, fruto do equilíbrio entre água pura e dióxido de carbono atmosférico. Assim, considera-se chuva ou precipitação ácida aquelas com pH < 5, e alcalina aquela com pH > 6. Já foi constatada precipitação com pH 2 em eventos isolados (FORNARO, 2006).

A queima de combustíveis fósseis como gasolina, óleo diesel e carvão mineral, principalmente por indústrias e automóveis, liberam na atmosfera o dióxido de enxofre, e os óxidos de nitrogênio (NO e NO<sub>2</sub>). Tratam-se de gases poluentes, que reagem com vapores d’água contido nas nuvens, gerando os ácidos nítricos e sulfúrico (LINKERS et al., 1996):



### **Danos**

Ao cair, as precipitações contendo substâncias com pH < 5 provocam danos a monumentos históricos, especialmente esculturas de mármore e bronze. Um célebre caso é o escurecimento da fachada de mármore no palácio Taj Mahal, na Índia, por conta da deposição seca de gases.

Quanto à fauna e à flora, o dano pode levar ao extermínio de determinadas espécies, descontrolando de modo intenso o ecossistema. Os ácidos também poluem rios e nascentes, atingindo o ser humano através de consumo de animais aquáticos e consumo de água contaminada. A chuva ácida não ocorre necessariamente

onde está o agente poluidor, ela pode ser levada pelos ventos para outros sítios.

Tradicionalmente ela atinge o norte da Europa e o lado oriental dos EUA. Entretanto, pesquisas mais recentes mostram que os países em desenvolvimento como, por exemplo, Brasil, Rússia, China, México e Índia, possuem os maiores índices de chuva ácida por concentrar as indústrias poluidoras que muitas vezes não cumprem a legislação ambiental por diversos motivos (SCHINDLER, 1988).

No contexto nacional, um bom exemplo de ação nociva da poluição atmosférica e chuva ácida é a cidade paulista de Cubatão, que emitiu durante décadas poluentes contendo o óxido de enxofre e os óxidos de nitrogênio, causando desmatamento significativo na mata atlântica e serra do mar, danos à saúde humana, como a malformação fetal. Cubatão foi considerada a cidade mais poluída do mundo, mas num esforço de recuperação através da instalação de filtros nas chaminés, foi alcançada a redução de 90% na emissão de poluentes. E assim, em 1992, na ECO-92, esta cidade foi considerada símbolo de recuperação ambiental (COSTA, 2017).

#### 1.3.2.4.3 Como o design pode contribuir?

Em relação à acidificação e à chuva ácida, a atuação profissional do designer deve seguir no caminho da diminuição de emissão de GEE, notadamente o CO<sub>2</sub>. A chuva (ou precipitação) ácida pode ser atenuada com a diminuição dos índices de poluição do ar, que está diretamente relacionada ao índice de emissão de poluentes, cujos fatores antrópicos são as indústrias e automóveis. Nesse sentido, as ações de redução da acidificação e da chuva ácida passam por dois caminhos principais: a diminuição de emissões industriais e a melhoria da mobilidade urbana.

Quanto à diminuição das emissões pelas indústrias, têm-se:

- Diminuição de aquisição de bens por meio de campanhas de consumo consciente;
- Projeto de produtos com menos materiais e embalagens.

Quanto ao incentivo à mobilidade urbana, pode-se incluir:

- Projeto de sistemas de mobilidade;
- Criação de campanhas para apoiar o uso de transporte individual compartilhado e transporte coletivo e de estruturas seguras para a prática de formas não poluentes de deslocamento, como andar de bicicleta ou mesmo a pé.

### 1.3.2.5 Eutrofização

#### 1.3.2.5.1 Definição

De acordo com Abe et al. (2009), o aumento populacional somado à diversificação dos usos múltiplos, às retiradas permanentes de água para diversas finalidades e à perda dos mecanismos de retenção de água tem diminuído, consideravelmente, sua disponibilidade e produzido inúmeros problemas de escassez.

No meio urbano, o quadro é agravado pelo crescimento de ocupações irregulares e pela falta de sistema de saneamento, que intensificam o processo de degradação da qualidade da água, prejudicando o uso dos recursos hídricos como fonte de abastecimento. Em meio a esses aspectos relacionados à disponibilidade e à degradação dos recursos hídricos pela ação do homem, cita-se a eutrofização.

Eutrofização, conforme Tundisi et al. (2013), é um processo pelo qual os sistemas aquáticos sofrem incremento de elementos nutricionais, principalmente nitrogênio e fósforo, seja por caminhos naturais de envelhecimento ou amadurecimento de um lago, ou por atividades antropogênicas de urbanização. Nesse último caso, o qual será abordado em específico neste capítulo, é também conhecido como eutrofização cultural que, diferente do processo natural, é um processo acelerado de eutrofização.

No processo de eutrofização, os nutrientes, que estão em excesso, se transformam em partículas orgânicas e inorgânicas, impactando no crescimento acelerado e na maior abundância de plantas aquáticas. O crescimento acelerado causa, frequentemente, deterioração da qualidade hídrica e crescimento de grandes volumes de algas, inclusive de cianobactérias potencialmente tóxicas, tornando-se um risco à saúde do ecossistema, além de implicar em aumento no custo do tratamento da água para abastecimento.

De acordo com Tundisi et al. (2013), uma das consequências mais evidentes do aumento do estado trófico de um corpo de água, sobretudo em reservatórios de abastecimento localizados nas regiões metropolitanas, é a floração de algas, que interferem no processo de tratamento e alteram o sabor e o odor da água tratada, conforme pode ser visualizada na **Figura 7**.



**Figura 7.** Foto aérea característica de Eutrofização

Fonte: Tundisi et al. (2013).

Pesquisas realizadas por Smith & Schindler (2009) destacaram a eutrofização cultural como o maior problema da atualidade em corpos de água superficiais, considerando-a como um dos exemplos mais visíveis das alterações causadas pelo homem à biosfera. Além dos efeitos extensamente descritos causados pelo aporte excessivo de fósforo e nitrogênio em lagos, reservatórios e rios, os autores descrevem outros efeitos diretos e indiretos causados pela eutrofização cultural, tais como:

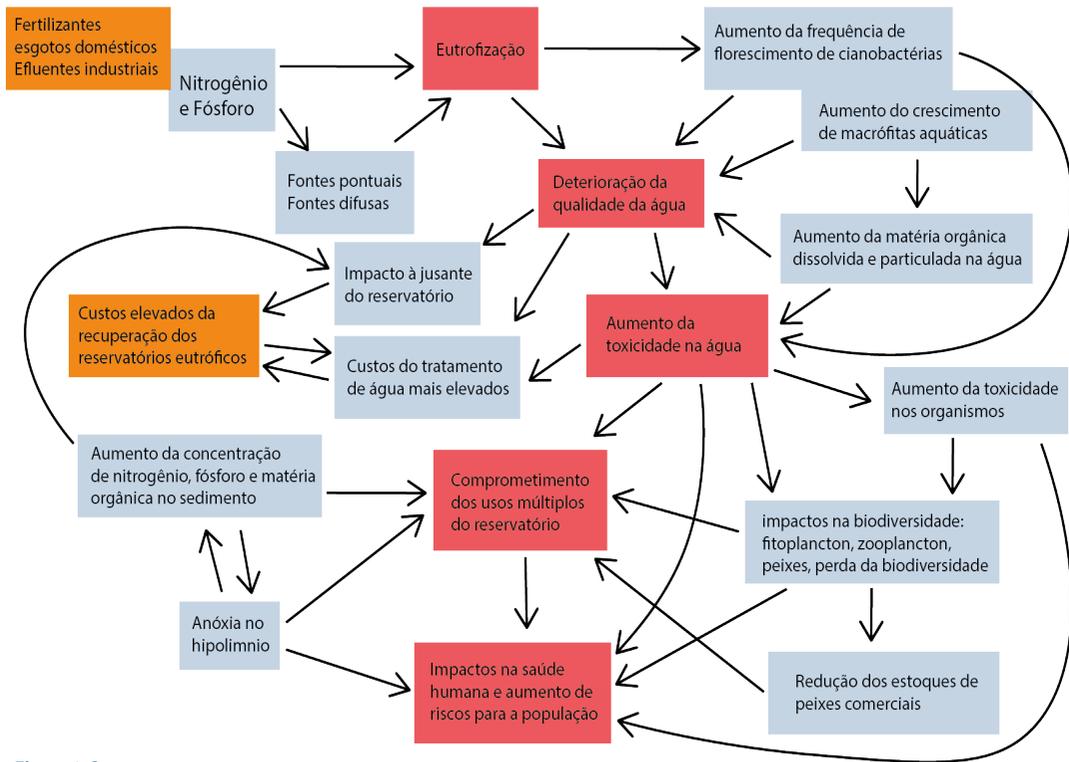
- Aumento da biomassa do fitoplâncton e de macrófitas aquáticas;
- Aumento da biomassa dos consumidores;
- Crescimento de espécies de algas potencialmente tóxicas ou não comestíveis;
- Crescimento da biomassa de algas bentônicas e epifíticas;
- Alterações na composição de espécies de macrófitas;
- Aumento da frequência de mortandade de peixes;
- Diminuição da biomassa de peixes e moluscos cultiváveis;
- Redução da diversidade de espécies;
- Redução da transparência da água;
- Gosto e odor na água;
- Problemas no tratamento de água para abastecimento;
- Depleção de oxigênio dissolvido;
- Redução do valor estético do corpo de água.

Por exemplo, em muitos corpos de água, o aumento do aporte de nitrogênio e fósforo pode acelerar o processo de biodegradação de produtos petroquímicos, hidrocarbonetos aromáticos e pesticidas, uma vez que o aumento do estado trófico promove o aumento da biomassa bacteriana e, como consequência, ocorre um aumento na diversidade de substratos orgânicos, os quais as bactérias são capazes de metabolizar. Ao mesmo tempo, de acordo Straskraba e Tundisi (2008), o aumento do aporte de nutrientes pode influenciar a abundância, a composição, a virulência e a sobrevivência de agentes patógenos residentes nos ecossistemas aquáticos.

#### 1.3.2.5.2 Principais elementos causadores da eutrofização

Causas e efeitos interligados ao estado da interdependência podem ser visualizados na **Figura 8**.

Além disso, a eutrofização pode também contribuir fortemente na emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera. Com o aumento



**Figura 8.** Principais interações e processos causados pela Eutrofização em reservatórios

Fonte: elaborado com base em Tundisi et al (2013).

da produção de biomassa pelo aumento do aporte de nutrientes, há também um aumento da quantidade de biomassa formada por organismos mortos ou por partículas fecais que afundam e se acumulam nos sedimentos dos reservatórios. Com esse acúmulo de matéria orgânica nos sedimentos, há um aumento na ciclagem de nutrientes, principalmente de carbono, nitrogênio e fósforo, a qual é mediada por microrganismos que, em última instância, acaba resultando na produção, acúmulo e emissão de gases como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O.

Conforme Abe et al. (2009), a situação torna-se crítica em regiões de elevada densidade demográfica em função da grande demanda agravada pelo processo de deterioração da qualidade das águas resultante das atividades antropogênicas existentes nas bacias, que resultam no aumento dos custos para tratamento ou mesmo na impossibilidade de sua utilização para abastecimento.

O processo de degradação mais evidente dos recursos hídricos no território brasileiro é o resultante do aporte de esgotos domésticos,

uma vez que o índice de tratamento continua sendo muito baixo, agravando o processo de eutrofização.

#### 1.3.2.5.3 Como o design pode contribuir?

Quanto à eutrofização, o design pode colaborar para evitar ou reduzir o impacto por meio de ações como:

- Desenvolvimento de sistemas de tratamento de esgoto doméstico mais eficazes e eficientes, que possibilitem a redução na quantidade de nitrogênio que chega aos reservatórios naturais de água doce;
- Participação em programas estratégicos, aliando conhecimento científico com políticas públicas, ações essas que já vêm sendo realizadas com resultados positivos pela comunidade europeia, baseadas no estabelecimento de metas para melhorar a qualidade ecológica das águas.

#### 1.3.2.6 Alteração do habitat – Desflorestamento

##### 1.3.2.6.1 Definição

O desflorestamento diz respeito à destruição da cobertura vegetal por todo o mundo, causando a alteração do habitat. Também conhecido como desmatamento ou desflorestação, este é um problema global que consiste na transformação, induzida diretamente pela ação humana, de áreas de solo com cobertura de florestas, em áreas de solo sem cobertura de floresta (UNFCCC, 2002, p. 58). Nesse sentido, pode-se afirmar que o desflorestamento (ação humana na natureza) é a causa, e a alteração do habitat (aliada a outros tipos de impacto), a consequência.

### Florestas

A definição de floresta pode ser feita a partir de pelo menos três parâmetros (FALCÃO; NOA, 2016): a área mínima de solo ocupada, a altura mínima das árvores e a percentagem mínima de cobertura da copa. A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) (2010) define floresta como sendo "a área medindo mais de 0,5 hectares com árvores maiores que 5 m de altura e cobertura de copa superior a 10%, ou árvores capazes de alcançar estes parâmetros *in situ*". Nessa definição são excluídas as terras que estão predominantemente sob uso agrícola ou urbano. O desflorestamento é a conversão da floresta para outro uso da terra ou a redução a longo prazo da cobertura do dossel abaixo do limite mínimo de 10% (FAO, 2002).

No Protocolo de Quioto, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC) propõe, em sua definição, incluir todas as plantações que atinjam a densidade de 10-30% de cobertura do solo com árvores entre dois a cinco metros de altura e de toda a área que normalmente faz parte de reservas florestais e que, mesmo estando desflorestada pela intervenção humana ou por causas naturais, tenha sua reversão à floresta esperada. Para a UNFCCC, as florestas podem ser densas – com vegetação em vários níveis e grande cobertura do solo (como Amazônia e Mata Atlântica), ou abertas – com menor variedade de espécies e/ou menor cobertura do solo, como as savanas e cerrados (2001).

Segundo o Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF), as definições propostas pela FAO e pelo UNFCCC não abrangem toda a complexidade das florestas no Brasil. Sistemas como a caatinga e o cerrado, por exemplo, não preenchem os requisitos de floresta e ainda assim são utilizados como tal. O Brasil abriga **seis biomas continentais**: Amazônia, caatinga, cerrado, pantanal, Mata Atlântica e pampa. Por bioma, compreende-se o conjunto de vida vegetal e animal agrupados contiguamente, em escala regional com condições geoclimáticas específicas e diversidade biológica própria (SNIF, 2016).

Florestas cobrem um terço da massa terrestre, desempenhando funções vitais como a regulação da temperatura global, a manutenção de recursos hídricos e apoiando os meios de subsistência de 1,6 bilhões de pessoas na extração de recursos madeireiros, de frutos, sementes e produtos medicinais (UNEP, 2015). Elas abrigam milhares de espécies vegetais e animais, muitas ainda desconhecidas ou com potencial inexplorado pelo ser humano.

O Brasil possui uma cobertura vegetal ampla e diversificada: cerca de 493,5 milhões de hectares, ou seja, 58% do território nacional são florestas, sendo 98,5% provenientes de florestas naturais e 1,5% de florestas plantadas. Em termos de área, a cobertura florestal do Brasil é a segunda maior do mundo, atrás apenas da Rússia.

Além da madeira, as florestas fornecem insumo para a indústria química, automobilística, farmacêutica e alimentícia, entre os quais destacam-se borrachas, ceras, fibras, cipós, tanantes, oleaginosos, alimentícios, aromáticos, medicinais, tóxicos e corantes. Muitas comunidades vivem da floresta e participam da extração de insumos, colaborando para a permanência e conservação da floresta (FIEDLER,

2008). O **sequestro de carbono** e o **turismo ecológico** também são considerados produtos diretos da exploração não madeireira condizentes com desenvolvimento sustentável (Snif, 2017).

Em termos climáticos, as florestas são responsáveis por regular os ventos e o regime de chuvas em boa parte do Brasil e sua perda reflete na oferta de água no território nacional (WWF, s/d).

A supressão de áreas florestais no mundo todo é um fenômeno crescente, com devastação de áreas florestais além de sua capacidade de regeneração natural. Conforme a UNEP (2018), a cada ano 12 milhões de hectares de florestas são destruídos, o que provoca a perda prolongada ou permanente da cobertura florestal e incide em outras formas do uso da terra (FAO, 2002), afetando dramaticamente os ecossistemas mundiais.

Para os cálculos de áreas de desflorestamento, são incluídas as áreas de floresta convertidas em agricultura, pastagens, reservatórios de água e áreas urbanas, e excluídas as áreas com plantio de florestas de manejo (pinus e eucalipto para produção de madeira/celulose) e pequenas manchas desmatadas, cuja natureza dinâmica tende a se regenerar na ausência de perturbações contínuas (FAO, 2002).

#### 1.3.2.6.2 As florestas brasileiras

Apesar de sua importância, somente entre agosto de 2015 a julho de 2016, a **Amazônia** perdeu 7.893 km<sup>2</sup> de sua cobertura vegetal. No mesmo período entre 2016 e 2017, foram desmatados 6.624 km<sup>2</sup> (Inpe, 2017a). O acompanhamento da progressão do desflorestamento é feito pelo Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (Prodes), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que considera como desmatamento a remoção completa da cobertura florestal primária por corte raso, independentemente da futura utilização das áreas.

Outro bioma acompanhado por satélites pelo governo brasileiro é a **Mata Atlântica**, cuja área total foi suprimida em 290 km<sup>2</sup> entre 2015 e 2016 – um crescimento de 60% comparado ao período de 2014-2015 (Inpe, 2017b). O monitoramento por satélite do desmatamento, contudo, não se estende para os demais biomas locais de forma intensiva, havendo poucas informações que contribuam para o desenvolvimento de cenário geral do desmatamento no território brasileiro.

### 1.3.2.6.3 Principais elementos causadores da alteração do habitat e desflorestamento

Devido principalmente à exploração ilegal, o Brasil possui, atualmente, 2113 espécies da sua flora na lista oficial de espécies ameaçadas de extinção (MMA, 2014). Entre as mais críticas estão a castanheira (*Bertholletia excelsa*), a seringueira (*Hevea spp.*) e o mogno (*Swietenia macrophylla* King), protegidas por legislação federal específica que proíbe o seu corte. O **Quadro 1** apresenta os principais vetores de desflorestamento no Brasil.

**Quadro 1.** Principais causas do desflorestamento no Brasil.

<b>Atividade</b>	<b>Matéria-prima</b>	<b>Espaço</b>
Agropecuária		X
Mineração	X	X
Extração ilegal de madeira	X	
Incêndios e Queimadas		X
Estradas		X
Hidrelétricas		X
Crescimento populacional		X
Assentamentos rurais		X

É possível perceber que a maioria das atividades apresentam impacto ambiental maior na destruição do habitat, mas há algumas que, além desse problema, estão ligadas à depleção de recursos e outros danos ambientais decorrentes do desflorestamento.

Somente entre 1990 e 2005 as atividades agropecuárias, sobretudo para produção de carne e soja, foram responsáveis por 80% do desflorestamento na América Latina (FAO, 2016). A mineração, discutida em detalhe na seção sobre depleção dos recursos naturais, é outro vetor fundamental de destruição da massa florestal no Brasil, e em outros países, principalmente da África e Ásia. Segundo Sonster et al. (2017), entre 2005 e 2015 a mineração foi responsável pelo desmatamento de 11.670 km<sup>2</sup> de floresta amazônica.

#### **Queimadas**

Embora possam também ter causas naturais (e, portanto, não controláveis), os incêndios florestais derivam também de ações intencionais vinculadas a práticas arraigadas na sociedade brasileira,

e também em outras partes do mundo. O hábito da queimada é antigo no Brasil – para a preparação de terras para plantio ou criação de animais, com vantagens de rapidez e facilidade, mas que destrói a fauna, a flora, redes elétricas, plantações, pecuária, ameaçam cidades, poluem o ar, causam diversos tipos de doenças respiratórias e podem provocar mortes (USP, 2017). Entre as consequências das queimadas e incêndios florestais, está a liberação do estoque de gás carbônico, resultando em aquecimento global.

#### 1.3.2.6.4 Como o design pode contribuir?

O desflorestamento pode ser enfrentado por meio de estratégias como o manejo florestal e a certificação. O manejo florestal baseia-se na exploração controlada e na diversificação da produção, preservando-se um estoque de plantas remanescentes que possibilitem a recuperação da floresta (SFB, 2017).

A certificação ocorre por meio de sistemas de certificação, como o *Forestry Stewardship Council (FSC)*, que atua também em âmbito internacional, e o Programa Brasileiro de Certificação Florestal (Cerflor); ela não é obrigatória e depende de ações conjuntas de todos os atores para se tornar um quesito valorizado na cadeia de custódia – da extração à aquisição do produto pelo consumidor final (PEREIRA, 2013).

No que se refere ao design, as ações podem acompanhar as seguintes estratégias para a conservação das florestas e seu bom manejo propostas pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (ONU, 2017):

- Criar projetos de reflorestamento bem planejados e investir nos serviços ambientais;
- Promover projetos de desenvolvimento de pequena e média escala baseados nas florestas, especialmente para as populações mais pobres, as que dependem mais delas;
- Promover o uso da madeira como fonte de energia e reutilizar ou reciclar seus produtos;
- Melhorar a comunicação e a cooperação internacional, incentivando a pesquisa e a educação ambiental, facilitando créditos e integrando os projetos florestais na macroeconomia.

### 1.3.2.7 Ecotoxicidade

#### 1.3.2.7.1 Definição

A ecotoxicidade é um tipo de impacto estudado pelo campo da ecotoxicologia, que se refere ao estudo de como as substâncias químicas interagem com os organismos no meio ambiente, seja este marinho, aquático, terrestre ou mesmo o ar. Os organismos afetados podem ser produtores primários (como plantas, fungos e algas), invertebrados (como vermes, insetos e moluscos), peixes, répteis, pássaros e mamíferos. Conforme NAP (2014), devido à extensa biodiversidade do planeta, é impossível conhecer exatamente os efeitos das substâncias químicas sobre ela. Apesar disso, os modelos atuais permitem prever com bastante qualidade os potenciais efeitos das substâncias atualmente existentes.

A maior parte dos efeitos é conhecida para os organismos aquáticos de água doce, uma vez que a contaminação desta por diferentes tipos de resíduos tem sido estudada já há várias décadas. No caso da contaminação terrestre, as atividades mais impactantes referem-se aos aterros (sanitários e controlados), lodo industrial e de esgoto, mineração, refino de petróleo e transporte); a contaminação do ar, por sua vez, também pode levar à contaminação do solo.

#### 1.3.2.7.2 Principais elementos causadores da ecotoxicidade

O acúmulo de produtos químicos industriais tóxicos - hidrocarbonetos aromáticos cancerígenos (pireno, benzopireno, benzeno) e substâncias como amianto, berílio, chumbo, mercúrio, cromo, clorato de vinil e dioxinas - no ar e as suas interações podem provocar intoxicação. A dioxina (TCDD) provoca a cloracne e tumores nos tecidos. A inalação do pireno e do benzopireno é altamente cancerígena. O chumbo por inalação provoca saturnismo (dano crônico no sistema nervoso).

As causas diretas do acúmulo incluem o uso de carros e motos, com a combustão das gasolinas com chumbo (Pb) e a combustão de benzeno sem proteção catalítica (pireno, benzopireno); fumar cigarros (pireno e benzopireno); incineração sem adequados sistemas de filtragem das fumaças e dos gases tóxicos, e uso de inseticidas aerossóis orgânicos de síntese (pesticidas).

Entre as principais formas de mensuração de ecotoxicidade atualmente incluem-se a quantidade de bioacumulação nas cadeias

alimentares e sua persistência no meio ambiente, pois afetam diretamente a quantidade e duração da exposição às substâncias pelos organismos. A **Tabela 3** apresenta algumas das principais categorias de ecotoxicidade utilizadas na mensuração dos efeitos nos organismos terrestres e aquáticos, e os níveis de ecotoxicidade adotados para cada uma delas.

Categoria de toxicidade	Aves: Concentração oral aguda (mg/kg)	Aves: Concentração dietária (ppm)	Organismos aquáticos: Concentração aguda (ppm)	Mamíferos selvagens: Concentração oral aguda (mg/kg)	Insetos não-alvo: Concentração aguda (mg/abelha)
Muito altamente tóxico	<10	<50	<0.1	<10	
Altamente tóxico	10-50	50-500	0.1-1	10-50	<2
Moderadamente tóxico	51-500	501-1000	>1-10	51-500	2-11
Levemente tóxico	501-2000	501-1000	>10-100	501-2000	
Praticamente não-tóxico	>2000	>5000	>100	>2000	>11

**Tabela 3.** Categorias de ecotoxicidade em DfE para organismos terrestres e aquáticos

Fonte: Traduzido de EPA (2014) in The National Academy Press (2014).

A ecotoxicidade também pode ser mensurada em unidades como herbicida 2,4-D equivalente, trietilenoglicol equivalente, e outras.

Cabe esclarecer que uma diferença fundamental entre a categoria de ecotoxicidade e as demais categorias de impactos ambientais se dá pelo fato de que a ecotoxicidade se refere às propriedades toxicológicas das substâncias químicas em relação à susceptibilidade de um dado organismo a elas, ou seja, é mais localizada: os demais danos ambientais (como aquecimento global, destruição da camada de ozônio ou depleção de recursos), o entanto, apresentam escala de abrangência mais ampla, seja ela espacial ou temporal.

### 1.3.2.7.3 Como o design pode contribuir?

Os designers podem ajudar a evitar ou reduzir os impactos decorrentes da ecotoxicidade por meio da projeção de produtos e serviços que:

- Evitem ou reduzam a emissão de substâncias químicas danosas aos demais seres vivos e ao meio ambiente;
- Ajudem a recuperar reservatórios de água doce degradados;
- Ajudem a recuperar áreas marinhas degradadas;

- Evitem ou reduzam a geração de emissões de lodo industrial em seus processos produtivos;
- Evitem ou reduzam o uso de recursos não renováveis, como aqueles oriundos da mineração ou do refino do petróleo;
- Reduzam ou minimizem a quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários ou controlados;
- Evitem ou reduzam a quantidade de emissões tóxicas no ar.

### 1.3.3 Depleção dos recursos naturais

A depleção dos recursos naturais ocorre quando os utilizamos mais rápido do que conseguimos repô-los. Ou seja, os recursos são utilizados sem a reposição adequada, de maneira que se tornam cada vez mais escassos e tendem ao esgotamento.

À exceção da energia solar e dos ventos, todos os outros recursos naturais são finitos, inclusive a água. Aliás a água é considerada um dos recursos naturais mais preciosos e que vem se tornando uma grande preocupação pela forma como é desperdiçada. A Cidade do Cabo, na África do Sul, por exemplo, adiou o “dia zero” para agosto de 2019, e a população vive em regime de restrição ao uso, com o limite máximo de 50 litros por pessoa por dia (REUTERS, 2018). Se a população não mudar seus hábitos e novas alternativas forem encontradas, em breve, muitas outras comunidades se encontrarão em situação similar.

Ed Groark, na mensagem do presidente do relatório anual de 2015 do *Worldwatch Institute*, afirma que: “nossa população está crescendo e nosso estilo de vida se expandindo, mas já passamos o ponto onde os negócios, tal qual estão sendo conduzidos, deixarão um mundo adequado para nossos netos” (2015, tradução nossa).

É necessário que a sociedade reveja seu estilo de vida, pois se toda a população do planeta mantivesse o modo de produção e consumo dos norte-americanos, seriam necessários quatro planetas para a sua sobrevivência, de acordo com a rede BBC. No ano de 2016, segundo afirmação de Mathis Wackernagel, cofundador e diretor executivo da ONG *Global Footprint Network*, no dia 1 de agosto de 2018, foi atingida a capacidade anual de recuperação do planeta.

Na verdade, nos níveis de consumo atuais, seria necessário cerca de 1,6 planeta para a manutenção da população. Conforme WWF (2018), a pressão sobre os recursos naturais pode ser medida utilizando-se

uma metodologia de contabilidade ambiental denominada pegada ecológica (ou ecological footprint), e que é expressa em hectares globais (gha), a fim de comparar diferentes padrões de consumo e verificar se estão dentro da capacidade ecológica do planeta. Os recursos contabilizados na pegada ecológica incluem aqueles necessários à agricultura, pastagens, florestas, pesca, área construída e energia e absorção de dióxido de carbono.

### *1.3.3.1 Principais causas*

As principais causas da depleção dos recursos naturais são a superpopulação e o consumo exagerado, acompanhado do desperdício. De acordo com o relatório da ONU, divulgado em junho de 2017, a população mundial era de 7,6 bilhões de pessoas devendo subir para 8,6 bilhões em 2030. O aumento populacional é um dos fatores que mais pesa na depleção dos recursos naturais, porque estes não crescem na mesma proporção (UNITED NATIONS, 2017).

Apesar das taxas de nascimento estarem diminuindo, principalmente nos países ricos, o aumento da longevidade faz que com o crescimento populacional não diminua no mesmo ritmo, e o fato é que as previsões indicam que seremos 11,2 bilhões de habitantes em 2100. Além disso, nossa sociedade atual consome de forma exagerada, causando um índice de desperdício enorme. Os avanços na indústria e a na tecnologia vêm acompanhados de aumento de descarte de produtos e poluição.

Serão aqui discutidas quatro categorias principais de impactos ambientais relativas à depleção dos recursos naturais: poluição da água, exploração de minerais, erosão do solo e geração de resíduos.

### *1.3.3.2 Poluição da Água*

#### *1.3.3.2.1 Definição*

Poluição da água é uma forma de degradação ambiental que consiste na contaminação com poluentes junto a rios, lagos, oceanos, aquíferos e lençóis subterrâneos; ela pode ocorrer de forma direta ou indireta, por descarte de dejetos sem o adequado tratamento para a remoção de componentes danosos ao meio ambiente (AFROZ et al., 2014).

A água é tipicamente considerada poluída quando está contaminada por elementos antropogênicos (aqueles derivados de atividades

humanas, em oposição àqueles que ocorrem em ambientes naturais) e não pode dar suporte à vida humana (exemplo: água para beber) ou outros entes vivos no ecossistema (exemplo: peixes).

Dentre os principais agentes que contribuem para a poluição da água, destaca-se (SUKENIK et al., 2014):

- **Patogênicos:** nesta categoria inclui-se coliformes fecais e micro-organismos como *Burkholderia pseudomallei*, *Cryptosporidium parvum*, *Giardia lamblia*, *Salmonella*, *Schistosoma* etc.);
- **Orgânicos, inorgânicos e macroscópicos:** substâncias orgânicas (detergentes, desinfetantes, resíduos da produção de alimentos, inseticidas, herbicidas, derivados do petróleo, solventes etc.), inorgânicas (dióxido sulfúrico, amônia, fertilizantes, metais pesados, cinza) e, também, elementos macroscópicos (sacolas plásticas e carcaças de navios) (UNEP, 2016);
- **Térmicos:** quando há aumento da temperatura em uma corrente natural de água por razão humana.

A dinâmica da ocorrência da poluição é determinante para a definição de ações para sua mitigação ou eliminação. Em “fontes pontuais”, a contaminação acontece em um ponto definido e provém de uma fonte diretamente identificável como, por exemplo, uma fábrica despejando poluentes em um ponto de um rio.

Enquanto isso, uma “fonte difusa” frequentemente somente é percebida após um longo período de contaminação, posto que não tem uma única origem (por exemplo, conexões irregulares de esgotos no sistema pluvial de um bairro). A contaminação de águas subterrâneas apresenta ainda maior dificuldade de identificação, podendo o ponto de extração da água estar distante do ponto de contaminação.

A ocorrência da poluição da água resulta em condições adversas às atividades sociais e econômicas (LI et al., 2016) tendo em vista seu impacto direto nas condições estéticas e/ou sanitárias do meio ambiente. Em 2010, a Assembleia Geral das Nações Unidas reconheceu o acesso a água e saneamento como um direito humano. Nesse sentido, todas as pessoas têm o direito ao nível suficiente, contínuo, seguro, aceitável, física e economicamente de acessibilidade à água para uso pessoal.

#### 1.3.3.2.2 O problema em números

O problema da poluição da água é exacerbado em face da crescente

demanda por água e da significativa dificuldade da população para acessar água potável. Abaixo são apresentados alguns fatos sobre a poluição da água no âmbito global:

- Estima-se que em 2025, cerca de metade da população mundial estará vivendo em regiões com dificuldade de acesso à água potável (UN, 2017);
- Cerca de 844 milhões de pessoas não tem acesso a serviços básicos de água potável (UN, 2017);
- Mais de 6,3 bilhões de litros de resíduos, a maioria constituída de plásticos, é jogada no oceano todo ano (JAMBECK et. al., 2015);
- Aproximadamente 100.000 mamíferos aquáticos, pássaros e vários tipos de peixes morrem todo ano devido à poluição e à destruição da vida marinha pelos resíduos de plástico (LYTLE, 2017);
- Cerca de 15 milhões de crianças morrem até os cinco anos, todo ano, por causa de doenças causadas pela qualidade da água (WATERAID, 2017);
- Mais de 3.000 crianças morrem todo o dia devido ao consumo de águas contaminadas;
- Aproximadamente 80% da poluição da água tem como origem o esgoto doméstico, seja por lançamento no solo ou em corpos de água (ASENTE, 2017);
- Cerca de 1,2 bilhão de pessoas (uma em cada três pessoas) defecam a céu aberto, comprometendo de forma direta a qualidade dos corpos de água (WATERAID, 2017);
- Cerca de 30 bilhões de toneladas de resíduos são despejadas anualmente em lagos, rios e oceanos.

#### 1.3.3.2.3 Como o design pode contribuir?

Para a implementação do direito humano ao acesso à água, há grandes desafios no desenvolvimento de soluções inovadoras em produtos e serviços. Atuando de forma integrada com outras áreas do conhecimento (como engenharia sanitária, engenharia civil e arquitetura), o design pode contribuir com soluções mais sustentáveis para produtos e serviços para tratamento de esgoto, tratamento de efluentes industriais e da agricultura, por exemplo. De maneira mais específica, alguns tópicos relevantes para desenvolvimento incluem:

- Soluções para micro e nano filtros, assim como tecnologias de

tratamento biológico (CWC, 2016);

- Soluções para tratamento de águas cinzas integradas a fontes renováveis de energia (CWC, 2016);
- Utilização da nanotecnologia para o tratamento e purificação da água através de soluções de membranas, contribuindo para tornar mais eficientes tecnologias tradicionais de tratamento da água como coagulação e flotação (RUSNANO, 2017);
- Sensores de medição do volume e qualidade da água (EU, 2016);
- Soluções de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) para comunicação ágil com stakeholders acerca do estado da poluição (EU, 2016).

No âmbito da habitação de interesse social, o estudo de Daros (2013) investigou hábitos e comportamentos do morador, apontando uma série de temas para os quais entende-se que há demanda latente por soluções. Alguns dos temas têm relação direta com a redução dos níveis de poluição no meio urbano, conforme lista a seguir:

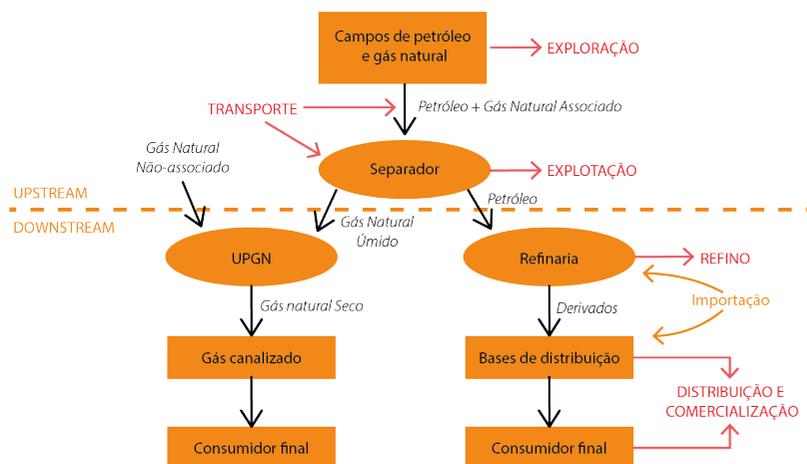
- Desenvolver soluções que contemplem parcial ou totalmente o ciclo de reaproveitamento da água;
- Desenvolver artefatos que permitam a identificação e segregação da água;
- Desenvolver artefatos que utilizem ciclos de uso e reuso de água por determinado período;
- Desenvolvimento de serviços de higienização das roupas.

### 1.3.3.3 Combustíveis fósseis

Os combustíveis fósseis são aqueles resultantes de processos naturais de acumulação e decomposição sucessiva no planeta de organismos mortos ao longo de milhares de anos. Em termos de sua utilidade para a humanidade, os principais resultantes desses processos são o petróleo, o gás natural e o carvão, que serão discutidos a seguir.

#### 1.3.3.3.1 Petróleo

De acordo com UNEP IE (1997), a indústria de petróleo e gás natural abrange duas partes principais (**Figura 9**): a primeira (*upstream*) refere-se à exploração e produção, na qual o petróleo e o gás natural são retirados e separados; a segunda (*downstream*) envolve o refinamento, processamento, distribuição e comercialização. Trata-se de uma cadeia bastante complexa espalhada ao redor do planeta, e na qual as atividades de exploração e produção (E&P) ocorrem tanto



**Figura 9.** esquema básico de exploração, produção, distribuição e comercialização da cadeia do petróleo

Fonte: Gurgel (2018).

em terra quanto no mar (*offshore*).

Conforme Gurgel (2014), numa composição média, o petróleo é formado por carbono (83,9 a 86,8%), hidrogênio (11,4 a 14%), enxofre (0,06 a 9%), nitrogênio (0,11 a 1,7%), oxigênio (0,5%) e metais como ferro e níquel, entre outros (0,3%).

Na etapa de refino, a destilação do petróleo em diferentes faixas de temperatura dá origem a diversos subprodutos, sendo os principais o gás GLP (butano, ou gás de cozinha), nafta leve (utilizada para gasolina e indústria petroquímica), gás propeno (utilizado para fabricação de plásticos), nafta pesada, querosene (combustível aeronáutico), diesel (combustível automotivo, principalmente de caminhões e ônibus no Brasil), gasóleo (leve e pesado) e resíduo de vácuo (usado para óleo combustível ou asfalto) (GURGEL, 2018).

As principais questões ambientais relativas à produção e ao consumo dos combustíveis fósseis referem-se a: proteção do habitat e biodiversidade; emissões tóxicas no ar, incluindo gases de efeito estufa que ocasionam aquecimento global, chuva ácida e outros efeitos; poluição da água (tanto marinha quanto de água doce); acidentes e vazamentos de óleo e contaminação do solo e lençóis freáticos.

No caso do aquecimento global, cabe ressaltar que 39% do impacto no planeta (medido em CO<sub>2</sub> equivalente) vem do fornecimento de energia e transporte, os quais têm os combustíveis fósseis como principal fonte. Somente o petróleo e o gás natural representam

cerca de 67% de todo o fornecimento de energia do planeta; o carvão fornece outros 27%, energia nuclear 7% e hidrelétricas 3%.

Além disso, uma grande quantidade de água é utilizada para diversas finalidades no processo produtivo do petróleo e gás, principalmente para refrigeração e limpeza dos equipamentos, e boa parte dessa água acaba contaminada com diversos tipos de produtos químicos (NOx, bário, cádmio, zinco, chumbo) que são descartados no meio ambiente marinho ou terrestre, dependendo do tipo de operação.

Os impactos humanos, socioeconômicos e culturais decorrentes da exploração e produção de petróleo e gás incluem: deslocamento de populações tradicionais em áreas de exploração; imigração pela busca de trabalho; mudanças em sistemas econômicos locais; alterações de estruturas socioculturais, práticas e crenças; necessidade de novos serviços de saúde, habitação, educação, água, eletricidade e transporte; mudanças estéticas nos locais, com novas construções e abertura de novas estradas; entre outros problemas (UNEP IE, 1997).

#### 1.3.3.2 Gás natural

A exploração de gás natural é a segunda que mais contribui para a escassez mundial de recursos (31%), atrás apenas do petróleo (44%). O consumo de gás natural triplicou desde 1971, pois é visto como um substituto temporário ao carvão, para uma transição rumo às energias renováveis, tendo sido adotado como alternativa por vários países, incluindo os Estados Unidos, Canadá, Alemanha e Japão.

O gás natural contribui de forma significativa para o aquecimento global devido às emissões de CO<sub>2</sub>, embora em níveis bem menores do que o carvão, e é a fonte mais significativa de emissão de metano na atmosfera. O uso do **fracking** na exploração de gás natural foi identificado como gerador de contaminação de lençóis freáticos por ecotoxicidade; a extração de gás natural tem como subproduto o mercúrio, considerado o quinto metal mais impactante ao meio ambiente (UNEP, 2010).

São relatados também impactos relacionados à emissão de material particulado e de névoa fotoquímica, que afetam diretamente a saúde humana, além de eutrofização de corpos de água e acidificação do solo. Além disso, sua exploração contribui para o esgotamento das fontes não renováveis de petróleo, por ser um de seus subprodutos (UNEP, 2016).

### 1.3.3.3 Carvão

Antes da descoberta e exploração do petróleo, o carvão era a principal fonte de energia utilizada pelos países industrializados, e foi o grande propulsor da Revolução Industrial iniciada na Inglaterra no século XVIII. Por isso, em 1865, o economista inglês William Stanley Jevons escreveu o livro *The Coal Question*, no qual discutia os riscos de a Inglaterra continuar a apoiar sua industrialização nesta matéria-prima. Na época, Jevons já defendia o uso de fontes energéticas alternativas e renováveis como forma de fortalecer a economia inglesa.

Apesar disso, o carvão ainda é a fonte de cerca de 28,6% da energia utilizada no mundo (IEA, 2014), especialmente nos Estados Unidos (30% da energia do país), Alemanha, Rússia, China e Índia – em contraposição a vários países têm optado por reduzir a dependência do carvão; de fato, a China apresentou um crescimento vertiginoso de produção e consumo desde o ano 2000, e atualmente já consome mais de 4 bilhões de toneladas de carvão por ano, mais de quatro vezes o que os norte-americanos consomem. As aplicações mais comuns do carvão são para a geração de eletricidade e o aquecimento doméstico, e isso se deve principalmente ao custo de exploração mais baixo se comparado a outras fontes, e à abundância de fontes ainda disponíveis.

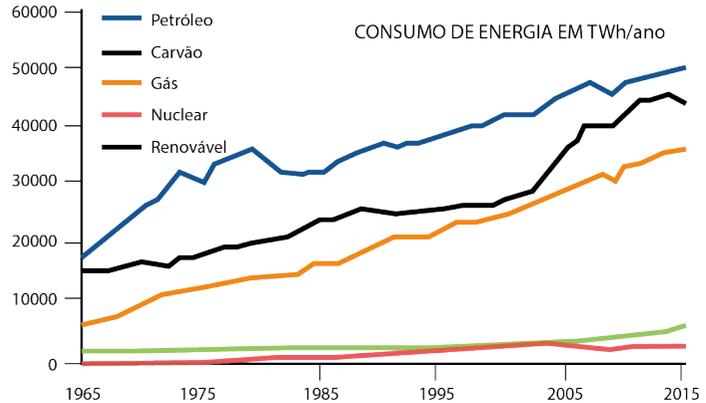
Entre os principais problemas causados pela exploração e consumo do carvão estão: a superexploração, contribuindo com a escassez de recursos (é o terceiro recurso fóssil mais explorado no mundo, com 23% do total); a quantidade de emissões, seja na extração e processamento ou na queima para gerar energia (8% dos gases de efeito estufa na China); a alta concentração de matéria sólida particulada no ar, afetando a saúde dos seres humanos e animais; a capacidade de depleção de recursos no ambiente natural (a extração de carvão representa 37,1% do impacto total de depleção de recursos nos EUA) (UNEP, 2010).

Apesar do crescimento no uso de energias renováveis a partir de 2005, há ainda uma tendência de crescimento no consumo de energia oriunda das três principais fontes não renováveis, petróleo, carvão e gás natural (**Figura 10**).

Reduzir a dependência de combustíveis fósseis é uma necessidade, pois além de todos os problemas causados pela sua utilização, eles

**Figura 10.** Consumo mundial de energia por tipo de matriz utilizada

Fonte: By Martinburo - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=53803246>.



são finitos e têm sido explorados em uma taxa muito superior à que o planeta consegue repor por meio de processos naturais. A unidade padrão para mensurar o consumo de combustíveis fósseis é em Joules (J) de energia fornecida.

#### 1.3.3.4 Como o design pode contribuir?

As ações de design para reduzir os impactos dos combustíveis fósseis incluem o desenvolvimento de:

- Produtos e serviços que evitem ou reduzam a quantidade de transporte necessária, principalmente à base de caminhões em rodovias, privilegiando o uso de recursos locais;
- Produtos e serviços que evitem ou reduzam processos produtivos que utilizam combustíveis fósseis;
- Produtos e serviços que favoreçam a redução das distâncias de deslocamento humano, sobretudo nos grandes centros urbanos;
- Produtos e serviços que possibilitem a substituição do uso de combustíveis fósseis por formas mais limpas e renováveis de energia (solar, eólica, biomassa);
- Produtos e serviços que possibilitem a economia de energia, incluindo o desligamento automático quando não estiverem em uso, ou a regulação correta de temperatura para aquecimento ou resfriamento de ambientes;
- Produtos e serviços que evitem ou reduzam o uso de gás de cozinha, seja para uso doméstico, em escritórios ou industrial;
- Produtos e serviços que evitem ou reduzam o uso de carvão como fonte energética;
- Embalagens que permitam redução de peso, causando a diminuição

- do consumo de combustível em veículos de transporte;
- Produtos e serviços que evitem ou reduzam o uso de plásticos de origem fóssil, substituindo-os por plásticos de origem renovável;
- Produtos e serviços que possibilitem a utilização plena dos recursos (como impressão nos dois lados do papel) evitando assim mais produção e transporte;
- Produtos e serviços que não sejam descartáveis, desde que a expectativa de uso seja adequada, evitando assim mais produção e transporte;
- Estratégias e ações de comunicação que estimulem o consumo consciente de produtos e serviços com as características citadas anteriormente.

#### 1.3.3.4. *Exploração de metais e minerais*

##### 1.3.3.4.1 Definição

A mineração, ou extração de metais e minerais, é uma atividade econômica importante para diversos países, sendo que apenas os três maiores produtores de minérios do mundo respondem por mais de 50% da produção global (NAGASAKA et al., 2008, apud UNEP, 2010). Nesta seção serão discutidos os metais e os minerais de construção, que são as duas categorias de materiais exploradas pela atividade de mineração.

##### 1.3.3.4.2 Metais

Metais são recursos abióticos, ou não-renováveis, portanto a ameaça de escassez é um dos grandes desafios desse tipo de material, além da distribuição irregular das reservas ao longo do planeta, implicando em questões políticas e mesmo de segurança.

Devido ao tamanho dos fluxos produtivos, os chamados “metais de base” como ferro, cromo, alumínio, níquel e cobre são os ambientalmente mais impactantes, embora os mais impactantes por quilo de metal produzido e mais ameaçados de escassez são os chamados “metais de especialidade”, como a platina, ouro e ródio (**Quadro 2**).

Os impactos da mineração incluem a destruição da biodiversidade, contaminação dos solos e dos mananciais com o uso intensivo de reagentes químicos que levam em muitos casos a contaminação da população. A erosão dos terrenos e a dispersão nos mananciais de metais pesados estão entre as consequências nefastas da mineração.

**Quadro 2.** Metais com maior impacto ambiental, por ordem de relevância.

Fonte: STAAL (2009) apud UNEP (2010).

	Impacto ambiental da produção global de metais primários	Impacto ambiental por kg dos metais primários
1	Ferro	Paládio
2	Cromo	Ródio
3	Alumínio	Platina
4	Níquel	Ouro
5	Cobre	Mercúrio
6	Paládio	Urânio
7	Ouro	Prata
8	Zinco	Índio
9	Urânio	Gálio
10	Silício	Níquel

Resumindo, em áreas urbanas, a mineração, na maior parte dos casos, causa poluição e provoca intoxicações na população, enquanto que em áreas florestais, causa prejuízos e distúrbios ao ecossistema.

Em termos energéticos, o setor de mineração consome 7% de toda a energia produzida no mundo (UNEP, 2010), boa parte de origem fóssil e é o setor que produz a maior quantidade de resíduos no planeta (38% do total). Devido aos altos impactos decorrentes da exploração de metais, estratégias de fim de vida como a reciclagem e o reuso são relevantes para a redução tanto da escassez quanto dos demais impactos associados a esses materiais.

#### 1.3.3.4.3 Minerais de construção

Os minerais utilizados na construção civil, como areia, argila e cascalho, são também obtidos por meio de mineração, e em quantidades significativas, o que tem tornado esses recursos cada vez mais escassos. Os problemas ambientais mais relevantes na extração dos minerais referem-se ao consumo de energia, principalmente combustível fóssil em caminhões, além de emissões de material particulado no ar e destruição do ambiente de extração, com impactos na saúde humana, animal e vegetal.

A produção de cimento, que utiliza calcário (80 a 95%), argila (5 a 20%) e minério de ferro como principais materiais, é particularmente impactante quanto à emissão de CO<sub>2</sub>, respondendo por cerca de 7% da emissão mundial, principalmente devido à combustão e descarbonatação utilizadas no processo produtivo.

Além da escassez, os minerais de construção apresentam problemas no fim de vida, como a liberação não intencional de sulfato de hidrogênio decorrente do aterro do gesso, e a dispersão de asbestos contidos em resíduos de demolição (UNEP, 2010); ambos os problemas apontam para a relevância de se reciclar os materiais de construção descartados, pois evita-se a extração de minerais e os impactos dela decorrentes, embora a reciclagem também apresente impactos ambientais que precisam ser avaliados com critério.

#### 1.3.3.4.4 Como o design pode contribuir?

As contribuições do design para reduzir os impactos da mineração, seja de metais ou de outros minerais, pode ocorrer por meio do desenvolvimento de:

- Produtos e serviços que privilegiem a reciclagem e/ou o reuso de metais e materiais de construção descartados;
- Produtos e serviços que privilegiem a substituição dos metais ou minerais com risco de escassez por outros materiais renováveis, como biodegradáveis ou compostáveis, desde que mantido o desempenho esperado;
- Produtos e serviços que possibilitem a redução na quantidade de material utilizado, caso seja necessário utilizar metais ou minerais virgens;
- Estratégias e ações de comunicação que estimulem o consumo consciente de produtos e serviços com as características supracitadas.

#### 1.3.3.5 Erosão do solo

##### 1.3.3.5.1 Definição

A erosão do solo é um processo natural que ocorre no planeta, seja por meio da ação do vento, da água da chuva e de rios e lagos, ou do degelo de geleiras, entre outros processos naturais. No entanto, as atividades antropogênicas têm colaborado significativamente para a aceleração da degradação dos solos nas últimas décadas, principalmente por meio do desflorestamento, da destruição de matas ciliares, da mineração, das queimadas, da expansão agropecuária, da agricultura, do aumento da demanda por recursos naturais e a urbanização.

A intensificação da agricultura e da pecuária, consequência do aumento da demanda do mercado, leva a derrubada de grandes

áreas de reservas vegetais naturais para o cultivo de grãos e gêneros alimentícios e pastagens para os animais de corte. As queimadas, prática ainda muito utilizada no Brasil, provocam a destruição da vegetação e o empobrecimento dos solos, dificultando a recuperação da flora local e contribuindo para a depleção dos recursos naturais (UNEP, 2010).

A agricultura é responsável pela utilização da maior parte do solo e da água potável disponível no planeta, e as técnicas de produção intensivas levam frequentemente à exaustão do solo, impossibilitando sua regeneração em taxas compatíveis com os processos naturais. Para compensar, são utilizados produtos agroquímicos com a finalidade de repor os elementos perdidos, resultando em impactos como a ecotoxicidade, eutrofização e destruição dos estoques de fósforo do solo. A unidade de mensuração da erosão do solo é a de material orgânico do solo (SOM) (OKALA, 2014).

#### 1.3.3.5.2 Como o design pode contribuir?

Os designers podem contribuir para reduzir os impactos da erosão do solo por meio do desenvolvimento de:

- Produtos e serviços obtidos de agricultura e agropecuária não intensivas, como os de produção orgânica e familiar, produzidos em pequenas propriedades;
- Produtos e serviços que utilizem certificação ambiental asseguradora do uso de produção não agressiva ao solo, incluindo queimadas e uso de pesticidas tóxicos;
- Produtos e serviços que estimulem a utilização de terrenos ociosos para hortas comunitárias;
- Estratégias e ações de comunicação que estimulem o consumo consciente de produtos e serviços que apresentam as características citadas anteriormente.

### 1.3.4 Geração de resíduos

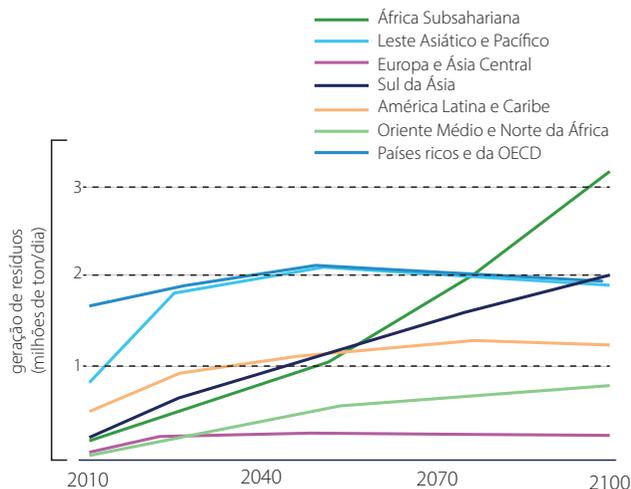
#### 1.3.4.1 Definição

O termo resíduo refere-se aos diversos tipos de desperdícios de recursos resultantes do modelo de produção e consumo, especialmente a partir da Revolução Industrial no século XIX, que trouxe consigo um processo de urbanização cada vez mais acelerado em diversas partes do mundo. Segundo a revista Nature (2013), em

1900 o mundo tinha apenas 13% da população vivendo em cidades (cerca de 220 milhões de pessoas) e gerando cerca de 300.000 toneladas de lixo por dia; cem anos depois, as cidades já abrigavam cerca 49% da população mundial (2,9 bilhões de pessoas), que geravam um total de mais de 3 milhões de toneladas por dia de resíduo sólido.

Segundo projeções do Banco Mundial (2012), em 2025 a quantidade de resíduos poderá dobrar e, para 2100, prevê-se uma geração diária de cerca de 9 milhões de toneladas de resíduos. A relação entre crescimento populacional e geração de resíduos é evidente, com os consequentes efeitos na saúde pública e nos impactos provocados no meio ambiente.

Segundo a UNEP (2014), as cidades têm crescido de forma cada vez mais rápida e desordenada, especialmente aquelas entre 1 e 5 milhões de habitantes. Assim, para 2025 prevê-se um significativo crescimento na geração de resíduos nessas regiões, de 152% nos países do Leste Asiático e Pacífico Central, 190% no Sul da Ásia, especialmente a Índia, e de 160% na África Subsaariana (**Figura 11**).



**Figura 11.** Cenário de geração de resíduos projetado para 2100, por região do planeta.

Fonte: Hoornweg; Bhada-Tata (2012).

#### 1.3.4.2 O problema em números

Atualmente, estima-se que sejam gerados cerca de 1,3 bilhão ton/ano de resíduos no mundo todo, com distribuição desequilibrada. De fato, a maior parte (44%) é gerada pelos países integrantes da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), ou seja, os mais ricos do mundo, que sozinhos geram cerca

de 572 milhões de toneladas de resíduos anualmente. Os países do Leste Asiático e Pacífico Central produzem cerca de 270 milhões de ton/ano (21% do total), e os da América Latina, cerca de 160 milhões de ton/ano (12% do total). Em seguida vêm as demais regiões: Ásia Oriental e Central, com 93 milhões de ton/ano (7%), Sul da Ásia com 70 milhões de ton/ano (6%), Oriente Médio e Norte da África com 63 milhões de ton/ano (5%), e África Subsaariana com 62 milhões (5%) (HOORNWEG; BHADA-TATA, 2012).

O desequilíbrio também ocorre entre as classes sociais: em nível global, as populações de alta renda geram cerca de 46% dos resíduos sólidos; as de classe média alta, 19%; as de classe média baixa, 29%; e as de menor renda, que são maioria no mundo, apenas 6%. Quanto à geração per capita, nas classes de alta renda a média gerada por indivíduo é de cerca de 2,1 kg de resíduo/dia (numa faixa de 1,1 a 4,5), nas de classe média esse valor cai para 1,2 (média alta) e 0,8 (média baixa) kg/dia, e os mais pobres geram uma média de apenas 0,6 kg de resíduos/dia.

Apesar disso, as projeções feitas por Hoornweg e Bhada-Tata (2012) indicam uma tendência de crescimento na capacidade de consumo da classe média baixa, com conseqüente aumento no volume de resíduo descartado, que deve passar de 369 milhões de toneladas/ano, em 2010, para cerca de 956 milhões de ton/ano, em 2025. Serão 2,59 vezes mais resíduos, ou seja, um crescimento muito acima do esperado para todas as classes mais ricas; estima-se que os mais pobres também deverão gerar 2,8 vezes mais resíduos em 2015, devido a um aumento no consumo.

#### *1.3.4.3 Que tipos de resíduos existem?*

O termo “resíduos” refere-se a um conjunto bastante amplo de materiais que são descartados por diferentes agentes da sociedade; eles são gerados pelas diversas atividades humanas, incluindo a mineração (38% dos resíduos gerados no mundo), pecuária (39%), agricultura (19%), indústrias (4%), entulho (3%) e resíduos sólidos urbanos (2,5%).

No caso da **mineração**, a maior parte dos resíduos gerados afeta diretamente o próprio local de extração com danos ao solo, água, ar, flora e fauna, e às populações próximas, provocando diversos problemas de saúde e deterioração da qualidade de vida.

No caso da **pecuária**, os resíduos são, em sua maior parte, de

origem orgânica, devido aos dejetos animais, e em menor parte devido às atividades de apoio, como alimentação e transporte. O impacto dessa atividade está diretamente relacionado à existência de uma cadeia de fornecimento de carne de diversos tipos, incluindo principalmente a bovina, suína e de aves.

A **agricultura**, por sua vez, tem seus impactos concentrados sobretudo nas atividades de agricultura intensiva, feita em grandes extensões de terra e que é voltada principalmente para a produção de alimentos em grande escala e combustíveis renováveis, como o álcool de cana-de-açúcar e milho. Os resíduos gerados pela agricultura também são, em sua maior parte, de origem orgânica, na etapa de colheita, e uma parte significativa dos produtos agrícolas se perde na etapa de transporte, armazenamento e distribuição, devido a ineficiências logísticas que se acumulam ao longo do processo. Há ainda os resíduos tóxicos, decorrentes do uso de pesticidas nas plantações, que provocam diversos danos ao meio ambiente, fauna e flora das regiões de plantio, bem como aos trabalhadores.

Os **resíduos industriais** provêm de uma ampla variedade de atividades que vão das indústrias leves às pesadas, químicas e de energia, e locais de construção, e incluem maquinários e equipamentos obsoletos, embalagens, resíduos tóxicos, aparas, alimentos, produtos de limpeza, e diversos tipos de materiais que variam conforme o tipo de processo produtivo.

Os resíduos da **construção civil e demolição** (ou entulhos) são gerados principalmente por novas obras, reparos em estradas, renovação de espaços urbanos e demolição de edifícios, e são compostos por madeira, aço, concreto, tijolos, pisos cerâmicos e provenientes de serviços de organização e limpeza.

Os **resíduos sólidos urbanos (RSU)**, discutidos a seguir, abrangem várias categorias, incluindo:

- **Comerciais:** gerados por uma série de atores que comercializam produtos e serviços, como lojas, hotéis, restaurantes, mercados e prédios de escritórios, e os tipos de resíduos mais comuns são o papel, papelão, plásticos, madeira, alimento, vidro e metais, além de resíduos tóxicos, eletrônicos e outros.
- **Institucionais:** abrangem aqueles produzidos por escolas, hospitais, prisões, prédios governamentais, rodoviárias e aeroportos, e são compostos em sua maior parte de materiais semelhantes aos de origem comercial. Para efeito de coleta seletiva nas

idades, os resíduos industriais (apenas aqueles coletados pelas municipalidades), comerciais e institucionais são frequentemente incluídos em um grupo único.

- **Públicos:** incluem os resíduos gerados em serviços de limpeza de espaços públicos em geral (como ruas, praças, parques, praias) e tratamento de água e efluentes, e são compostos principalmente de restos de varrição, poda, folhas, galhos e lodo.
- **Especiais:** alimentos e medicamentos com validade vencida, produtos químicos corrosivos, tóxicos e inflamáveis e lixo hospitalar, gerados principalmente por hospitais, portos, aeroportos e terminais ferroviários e rodoviários.
- **Eletrônicos:** eletrodomésticos, computadores, aparelhos móveis (smartphones, tablets) e brinquedos, ferramentas, entre outros equipamentos.
- **Sólidos domiciliares:** abrangem uma ampla gama de resíduos, dispostos em quatro grupos principais: fração úmida, composta pelos orgânicos (alimento, jardinagem), que compõe de 52% a 67% dos resíduos sólidos domiciliares; fração seca (20% a 30% dos sólidos domiciliares), formada pelos materiais recicláveis (papel, papelão, Tetra Pak, plásticos, vidro, metais ferrosos, alumínio), outros (incluindo têxteis); Inservíveis, incluindo jornais, papéis com óleo, lixo de banheiro; e Especiais, como pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes e outros.

#### *1.3.4.4 Que impactos os RSU geram?*

Conforme Hoornweg E Bhada-Tata (2012), a maior parte do impacto ambiental dos RSU, decorre das etapas de produção e uso dos produtos, e a gestão de resíduos na etapa de descarte responde por cerca de 5% dos impactos, incluindo emissões geradas pelos caminhões de coleta, aterros e incineradores.

Os impactos dos resíduos estão diretamente ligados ao tipo de resíduo gerado, e nesse sentido tem sido significativo o crescimento na quantidade de lixo tecnológico, incluindo eletrônicos, brinquedos e eletrodomésticos descartados precocemente, bem como a quantidade de embalagens; esses tipos de resíduo estão diretamente ligados às mudanças no estilo de vida da sociedade, sobretudo nos grandes centros urbanos.

No Brasil, o descarte de resíduos eletroeletrônicos (REE) era estimado em cerca de 2,6 kg por habitante em 2008, num total de mais de 500 milhões de toneladas/ano. Entre os principais impactos do descarte

incorreto dos REE estão a emissão de metais pesados, incluindo chumbo, cádmio, arsênio, mercúrio, bifenilas policloradas (PCBs), éter difenil polibromados, entre outros (PNRS, 2012).

Em relação às emissões geradas na etapa de descarte, o Brasil gerou, em dados de 2005, cerca de 659 milhões de ton/ano de CO<sub>2</sub> equivalente de gases de efeito-estufa, principalmente dióxido de carbono e metano (UNFCC, 2005), sendo 158 milhões a partir do seu RSU (CETEA, 2008). Destes, foram 16 milhões apenas de metano, o gás mais nocivo em termos de efeito-estufa. Cabe ressaltar que o Brasil é responsável por menos de 1% das emissões de CO<sub>2</sub> mundiais, enquanto a China gera cerca de 28%, e os Estados Unidos, 16% (STATISTA, 2017).

Há também a degradação do meio ambiente; no caso dos plásticos,, um estudo do Banco Mundial (HOORNWEG; BHADA-TATA, 2012) estima que a maior parte dos polímeros sintéticos que acabam nos oceanos todos os anos tenham origem nos países asiáticos: China (cerca de 8,8 milhões de toneladas), Indonésia (3,2 milhões), Filipinas (1,9 milhões), Vietnã (1,8 milhões), Sri Lanka (1,6 milhões), Tailândia (1 milhão), Malásia (0,9 milhão) e Bangladesh (0,8 milhão).

#### *1.3.4.5 Como os RSU são destinados e coletados?*

A composição do RSU varia conforme cada região do planeta; nos países mais desenvolvidos, por exemplo, há uma maior participação do papel devido ao uso intenso em escritórios e serviços, enquanto que nos países em desenvolvimento, a porcentagem de resíduos orgânicos costuma ser maior, devido ao desperdício de alimentos. No entanto, esse cenário está mudando bastante, devido ao aumento do poder aquisitivo nos países em desenvolvimento.

No Brasil, segundo estimativa presente no PNRS (2012), **51,4% do RSU é composto de matéria orgânica e 31,9% é material reciclável**; neste último, os plásticos representam cerca de 36%, incluindo plástico rígido e em filme; em seguida vem o papel, papelão e Tetra Pak (13,1%), metais e aço (5,2%), alumínio (0,6%), e outros, incluindo têxteis, representam 16,7%. Dentre os plásticos, os mais comumente descartados são o PET (42%), PEAD (23%), PEBD (14%) e PVC e PP (ambos com 3%) (CEMPRE, 2017).

Do total reunido pelos sistemas de coleta seletiva no Brasil, cerca de 13% é reciclado ou compostado e, embora a reciclagem tenha crescido no país nos últimos anos, a maior parte acaba sendo

enviada a aterros ou pior, a lixões a céu aberto (CEMPRE, 2010); Dados ainda mais críticos da PNRS (2012) apontavam que 77% do RSU eram enviados para aterros sanitários ou controlados e quase 20% ainda eram enviados para lixões em 2012, enquanto que a reciclagem representava o destino de apenas 1,4% do total de RSU.

O total de **lixões** espalhados pelo país em 2008 era de 2.906, a maior parte (97%) em municípios pequenos da Bahia, Piauí, Minas Gerais e Maranhão. Os lixões também são um grande problema social, ambiental e econômico para os países asiáticos e africanos.

Esses números significam, por um lado, um grande problema ambiental, mas por outro, uma grande oportunidade econômica a ser explorada com o reaproveitamento dos resíduos, seja pelo reuso, remanufatura, reciclagem, compostagem ou recuperação energética. Segundo a PNRS (2012), os materiais com maiores taxas de reciclagem são o alumínio, aço e papelão (acima de 35%) e os plásticos e vidro (próximo de 20%).

Em relação à coleta, em 2016 cerca de 1055 municípios brasileiros tinha **coleta seletiva** regular, o que representa apenas 18% do total de municípios brasileiros (CEMPRE, 2017). A distribuição também é desigual: enquanto as regiões Sudeste e Sul tem um percentual mais alto de municípios atendidos com coleta seletiva (45 e 36% respectivamente), as regiões Nordeste, Centro-Oeste e Norte ainda sofrem com a baixa taxa de municípios com coleta seletiva (10%, 7% e 2%, respectivamente) (CEMPRE, 2015).

Os modelos de coleta seletiva existentes no Brasil são o porta-a-porta, feito por prefeituras ou empresas terceirizadas (cerca de 80% dos municípios), as cooperativas (76% dos municípios) e os pontos de entrega voluntária (PEV), que já atingem 45% dos municípios brasileiros (CEMPRE, 2010).

Deve-se ressaltar o papel crescente das **cooperativas de catadores**, que em 2010 já abrangia mais de 1 milhão de trabalhadores, entre cooperados e autônomos (CEMPRE, 2010); esse papel, assim como a responsabilidade compartilhada entre governo, empresas e consumidores, é reforçado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos brasileira, que estabelece que deve existir "(...) a integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos" (Lei nº 12.305, cap. II, art. 6º, XII).

## Referências

ABE, D.S., SIDAGIS GALLI, C., TUNDISI, T. M., TUNDISI, J.E.M., GRIMBERG, D.E., MEDEIROS, G.R., TEIXEIRA-SILVA, V., TUNDISI, J.G. The effect of eutrophication on greenhouse gas emissions in three reservoirs of the Middle Tietê River, Southeastern Brazil. *Limnol.* 30: 822-825. 2009.

AMBIENTE BRASIL. Inimigo silencioso prejudica a saúde e o meio ambiente. Disponível em: <<http://noticias.ambientebrasil.com.br/exclusivas/2007/10/17/34105-exclusivo-inimigo-silencioso-prejudica-a-saude-e-o-meio-ambiente.html>> Acesso em: 20 jul 2018.

ANA - Agência Nacional de Águas. Atlas Irrigação Uso da Água na Agricultura Irrigada. 2017. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrrigacao-UsodaAguanaAgricaturalIrrigada.pdf>> Acesso em: 10 nov. 2017.

ARTAXO, Paulo. Uma nova era geológica em nosso planeta: o Antropoceno? In: *Revista da USP*, São Paulo, n. 103, p. 13-24, 2014.

ASENTE. Water pollution. Última visita: 14 de novembro de 2017. Disponível em: <<http://www.asente.ch/environmental-issues/water-pollution/>> Acesso em: 10 nov. 2017.

BARAUNA, D.; SOUZA, S.; TREIN, F.A.; RAZERA, D.L. Design para a Sustentabilidade na Economia de Materiais: uso de resíduos no desenvolvimento de produtos. *Revista Mix Sustentável - Edição 07/V3. N3.* 2017.

BARBOSA, Wellynne Carla de Sousa. Consequências Socioambientais da Expansão Urbana Desordenada: um Estudo de Caso da Vila Alto da Ressurreição, em Teresina – PI. *Revista Equador (UFPI)*, Vol. 5, Nº 3 (Edição Especial 02), p. 162 - 180,

BARROS, Patrícia Alexandra Afonso. Análise do Efeito da Acidificação dos Oceanos no Desenvolvimento Larvar de *Crassostrea gigas*. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente). Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

BBC NEWS. How many Earths do we need? By Charlotte McDonaldBBC News. 2015. Disponível em <<http://www.bbc.com/news/magazine-33133712>> Acesso em: 10 ago 2018.

BRASIL. Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Publicado no DOU de 8.1.2007 e retificado no DOU de 11.1.2007.

CANALI, Naldy Emerson. Geografia ambiental. Desafios epistemológicos. In: MENDONÇA, Francisco; KOZEL, Salete (Org.). *Elementos de epistemologia da geografia contemporânea*. Curitiba: Editora UFPR, 2002. p. 165-185.

CAPRA, Fritjof. O ponto de mutação: A ciência, a sociedade e a cultura emergente. 25. ed. São Paulo: Cultrix, 1995. 447 p.

CASSETI, Valter. Ambiente e apropriação do relevo. São Paulo: Contexto, 1991.

CEMPRE, CEMPRE Review 2015. Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE). São Paulo: 2015.

\_\_\_\_\_. CETEA/ITAL. Política Nacional de Resíduos Sólidos - O impacto da nova lei contra o aquecimento global. Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE) e Centro de Tecnologia de Embalagem do Instituto de Tecnologia de Alimentos (CETEA/ITAL). São Paulo: 2010.

\_\_\_\_\_. Ciclosoft. Disponível em <<http://cempre.org.br/ciclosoft/id/8>> Acesso em: 10 ago. 2017.

\_\_\_\_\_. Política Nacional de Resíduos Sólidos – A lei na prática. Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE). São Paulo: 2010.

\_\_\_\_\_. Política Nacional de Resíduos Sólidos – Agora é lei. Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE). São Paulo: 2010.

CHINA DAILY. Experts warn of water crisis, May 20, 2005.

CHINA. Ministry of Construction. China Development Gateway: Ensuring the Safety of Urban Water Supply, Facilitating the Frugal and Appropriate Consumption of Urban Water, August 22, 2006 MOC

CHINA.ORG. China Warned of Water Crisis by 2030, June 6, 2002. Disponível em <<http://china.org.cn>> Acesso em: 10 nov. 2017.

CIÊNCIA VIVA. Poluentes atmosféricos. Disponível em: <<http://www.cienciaviva.pt/divulgacao/eventos/diasemcarros/poluentes.asp>> Acesso em: 20 jul 2018.

COSTA, Camila. Mais de 3 décadas após 'Vale da Morte', Cubatão volta a lutar contra alta na poluição. 2017. Disponível em: <<http://www.bbc.com/portuguese/brasil-39204054>> Acesso em: 26 de out de 2017.

CWC. Columbia Water Center. Earth Institute. Columbia University. America's Water. Developing a Road Map for the future of our Nation's Infrastructure, March 2016.

DAROS, C. Design para a sustentabilidade: oportunidades de inovação a partir dos hábitos de consumo na habitação de interesse social. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Paraná. Curitiba: 2013.

E-CYCLE. NOx: o que são e quais os impactos dos óxidos de nitrogênio. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/63/3052-nox-os-oxidos-de-nitrogenio-tipos-o-que-sao-onde-estao-causas-consequencias-aquecimento-global-efeito-estuda-nitrico-nitroso-dioxido-de-nitrogenio-fontes-emissoras-compostos-impactos-como-evitar-aco-es-dicas.html>> Acesso em: 20 jul 2018.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Plano Nacional de Energia 2030. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-165/topico-173/PNE%202030%20>>

-%20Proje%C3%A7%C3%B5es.pdf>. Acesso em: 28 set 2018.

EUROPEAN COMMISSION (2016). Emerging Topics and Technology Roadmap for ICT for Water Management - August 2016. Disponível em <<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/emerging-topics-and-technology-roadmap-ict-water-management-august-2016>> Acesso em 10 ago 2018.

FALCÃO, Mario Paulo; NOA, Micas. Definição de Florestas, Desmatamento e Degradação Florestal no âmbito do REDD+. Maputo, 2016.

FAO – Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação. Termos e definições. ONU, 2001. Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/media/7797/1/0/>>. Acesso em: 15 de dez. 2017.

\_\_\_\_\_. Desforestation. ONU, 2002. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/009/j9345e/j9345e07.htm>> Acesso em: 16 Dez. 2017.

\_\_\_\_\_. El Estado de los bosques del mundo 2016. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra. Roma: ONU, 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i5588s.pdf>> Acesso em: 15 Dez. 2017.

FIEDLER, Nilton César et al. Produtos Florestais Não Madeireiros: Importância e Manejo Sustentável da Floresta. Revista Ciências Exatas e Naturais, Vol.10 nº 2, Jul/Dez 2008.

FORNARO, Adalgiza. Águas de chuva: conceitos e breve histórico. Há chuva ácida no Brasil? Revista USP, São Paulo, n. 70, p. 78-87, jul/ago 2006.

GADEA, J.; RODRIGUEZ, P.L.; CAMPOS, P.L.; GARABITO, J.; CALDERÓN, V. Lightweight mortar made with recycled polyurethane foam. Cement & Concrete Composites, v.32. p. 672 – 677. 2010.

GARRARD, Greg. Ecocrítica. Trad. Vera Ribeiro. Brasília: Editora UNB, 2006.

GLOBAL TRENDS. The Water Challenge. Disponível em <<http://www.globaltrends.com/2015/01/30/gt-briefing-february-2015-the-water-challenge/>> Acesso em: 14 nov. 2017.

GONÇALVES, C. W. P. Os (des) caminhos do meio ambiente. 14. ed. São Paulo: Contexto, 2006. 148 p.

GOVERNMENT INDIA. Ministry of Water Resources. National Water Policy, 2012. Disponível em <<http://www.wrmin.nic.in/>> Acesso em: 20 jul 2018.

GOVERNO FEDERAL - PORTAL SAÚDE. Riscos ambientais e à saúde humana. Disponível em: <<http://portalms.saude.gov.br/saude-de-a-z/poluicao/riscos-ambientais-e-efeitos-a-saude-humana>> Acesso em: 20 jul 2018.

GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista. Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

GURGEL, A.A.D.N.A. (2014). Refino de petróleo e petroquímica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em <<http://www.nupeg.ufrn.br/downloads/>>

deq0370/curso\_refino\_ufrn-final\_1.pdf> Acesso em: 26 set 2018.

HATJE, Vanessa; COSTA, Mônica Ferreira; CUNHA, Letícia Cotrim. Oceanografia e química: unindo conhecimentos em prol dos oceanos e da sociedade. *Quim. Nova*, Salvador, vol. 36, no. 10, p. 1497-1508, 2013.

HOMMA, Alfredo Kingo Oyama et al. A Dinâmica dos Desmatamentos e das Queimadas na Amazônia: Uma Análise Microeconômica. Belém: EMBRAPA, 1992.

HOORNWEG, D., BHADA-TATA, P. What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management. World Bank, 2012.

IBGE. Projeção da População 2018: número de habitantes do país deve parar de crescer em 2047. 2018. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/21837-projecao-da-populacao-2018-numero-de-habitantes-do-pais-deve-parar-de-crescer-em-2047>> Acesso em: 28 set 2018.

INDIA. Planning Commission of India. "Health and Family Welfare and AYUSH : 11th Five Year Plan" (PDF). Retrieved 10 Novembro 2017, p. 78 Disponível em <[http://planningcommission.nic.in/aboutus/committee/strgrp11/str11\\_hud1.pdf](http://planningcommission.nic.in/aboutus/committee/strgrp11/str11_hud1.pdf)> Acesso em: 05 jul 2018.

INFOPLEASE WORLD STATISTICS. Population Statistics. Disponível em: <<https://www.infoplease.com/world/population-statistics>> Acesso em: 28 set 2018.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. INPE estima 6.624 km<sup>2</sup> de desmatamento por corte raso na Amazônia em 2017. Coordenação Geral de Observação da Terra, 2017a. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/noticias/INPE-estima-desmatamento-por-corte-raso-na-Amazonia-em-2017>> Acesso em: 19 Mar. 2018.

\_\_\_\_\_. Desmatamento da Mata Atlântica Cresce 60% em Um Ano. Coordenação Geral de Observação da Terra, 2017b. Disponível em: <[http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod\\_Noticia=4471](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=4471)> Acesso em: 19 Mar. 2018.

IPCC. Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis: FAQ 1.3: What is the Greenhouse Effect? Disponível em: <[https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/faq-1-3.html](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/faq-1-3.html)> Acesso em 02 out. 2018.

JALALI, S.; PACHECO-TORGAL, F.; DING, Y. Properties and durability of concrete containing polymeric wastes (tyre rubber and polyethylene terephthalate bottles): an overview. *Construction and Building Materials* v.30.714 – 724. 2012.

JAMBECK, Jenna R; GEYER, Roland; WILCOX, Chris; SIEGLER, THEODORE R; PERRYMAN, Miriam; ANDRADY, Anthony; NARAYAN, Ramani; LAW, Kara Lavender. Marine pollution. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* (New York, N.Y.), 13 February 2015, Vol.347(6223), pp.768-71

JEVONS, W. S. (1865). *The Coal Question; An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of Our Coal Mines* (1 ed.). London & Cambridge: Macmillan & Co. Retrieved 12 November 2014.

KARODIA, H.; WESTON, D. R. Weston. South Africa's New Water Policy and Law. In: *Intersectoral Management on River Basins: Proceedings of an International edited by Charles L. Abernethy*, 2001.

KRUG, Edward C., FRINK, Charles R. Acid Rain on Acid Soil: A New Perspective. *Science*, vol. 221.

LEFTERI, C. *Materiais em Design – 112 materiais para design de produtos*. Blucher, São Paulo, SP, 2017.

LI, Tianxin; YANGWEN HAN; YAYA Li; ZHONGMING Lu; PENG Zhao. Urgency, development stage and coordination degree analysis to support differentiation management of water pollution emission control and economic development in the eastern coastal area of China. *Ecological indicators*, 2016, Vol.71, pp.406-415.

LIKENS, G E; DRISCOLL, C T; BUSO, D C. Long-term effects of acid rain: Response and recovery of a forest ecosystem. *Science; Washington* Vol. 272, Iss. 5259, (Apr 12, 1996): 244.

LOPES, Camila Santos Doubek. *Ecodesign gráfico: teoria e prática*. 2016. 300 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

LUZ, Gertrudes. *Desenvolvimento de metodologia para avaliação de ambientes urbanos*. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: 1997.

LYTLE, C. L. G. When the mermaids cry: the great plastic tide. Last updated in January 2017. Disponível em <<http://plastic-pollution.org/>> Acesso em: 14 nov. 2017.

MILARÉ, E.; COIMBRA, J. de A. Antropocentrismo vs. Ecocentrismo na ciência jurídica. *Revista de Direito Ambiental*, São Paulo, n. 36, p. 9-42, out-dez. 2004. Disponível em: <<http://www.egov.ufsc.br/portal/conteudo/antropocentrismo-x-ecocentrismo-na-ci%C3%AAncia-jur%C3%ADica>>. Acesso em: 22 set. 2009.

MMA- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE DO BRASIL. *Saiba o que é desmatamento e quem o monitora no Brasil - Biodiversidade*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente do Brasil, 2012. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2012/04/saiba-o-que-e-desmatamento-e-quem-o-monitora-no-brasil>> Acesso em: 20 Mar. 2018.

\_\_\_\_\_. *A camada de ozônio*. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/clima/protecao-da-camada-de-ozonio/a-camada-de-ozonio>> Acesso em: 20 jul. 2018.

\_\_\_\_\_. *Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção*. Ministério do Meio Ambiente, Portaria No 443, de 17 de dezembro de 2014. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/itemlist/category/51-especies-ameacadas-de-extincao>> Acesso em: 20 Mar. 2018.

\_\_\_\_\_. *Planos de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia e no Cerrado (PPCDAm e PPCerrado) 2016-2020*. Brasília: Ministério do

Meio Ambiente do Brasil, 2017a. Disponível em: <[http://combateadodesmatamento.mma.gov.br/images/conteudo/Nota-Conceitual---CT-Manejo-e-Controle-Florestal\\_24.04.2017.pdf](http://combateadodesmatamento.mma.gov.br/images/conteudo/Nota-Conceitual---CT-Manejo-e-Controle-Florestal_24.04.2017.pdf)> Acesso em: 19 Mar. 2018.

\_\_\_\_\_. SBF - Serviço Florestal Brasileiro. Florestas do Brasil: em Resumo. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2013.

\_\_\_\_\_. Guia de Financiamento Florestal: 2016. Serviço Florestal Brasileiro, Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2016.

\_\_\_\_\_. Perguntas frequentes sobre manejo florestal. Serviço Florestal Brasileiro, Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2017. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/fndf/68-fomento-florestal/475-perguntas-frequentes-sobre-o-manejo-florestal-comunitario>> Acesso em: 20 Mar. 2018.

MORAIS, Eliana Marta Barbosa de. Evolução epistemológica do conceito de natureza. Boletim Goiano de Geografia, Goiânia, v. 2, n. 19, p. 75-98, jan./dez. 1999.

OKALA. Okala Practitioner Guide - Integrating Ecological Design. Okala Team. 2014. Disponível em <[www.okala.net](http://www.okala.net)> Acesso em 26 set 2018.

OKE, Tim. R. Climatic Impacts of urbanization. In: Interactions of energy and climate. D. Reidel Publishing Company. Dordrecht: Holland/Boston: U.S.A./London: England, pp. 339-57.

ONU - Organização das Nações Unidas. United Nations strategic plan for forests, 2017-2030. UN Forum on Forests, 2017. Disponível em: <[http://www.un.org/esa/forests/wp-content/uploads/2016/12/UNSPF\\_AdvUnedited.pdf](http://www.un.org/esa/forests/wp-content/uploads/2016/12/UNSPF_AdvUnedited.pdf)> Acesso em: 20 Mar. 2018.

ONUBR. Conheça os novos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU. 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/conheca-os-novos-17-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-onu/>> Acesso em: 28 set 2018.

\_\_\_\_\_. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>> Acesso em: 28 set 2018.

PEREIRA, Andrea Franco. Madeiras Brasileiras: guia de combinações e substituição. São Paulo: Blücher, 2013.

PROGRAMA BRASILEIRO DE ELIMINAÇÃO DOS HCFCs – PBH. O que é o ozônio e onde se encontra. Disponível em <[http://www.protocolodemontreal.org.br/site/images/publicacoes/programa\\_brasileiro\\_eliminacao\\_hcfc/Proteo\\_da\\_Camada\\_de\\_Oznio\\_e\\_Impactos\\_na\\_Sade\\_O\\_que\\_devemos\\_saber.pdf](http://www.protocolodemontreal.org.br/site/images/publicacoes/programa_brasileiro_eliminacao_hcfc/Proteo_da_Camada_de_Oznio_e_Impactos_na_Sade_O_que_devemos_saber.pdf)> Acesso em: 23 set 2018.

PRÜSS-USTÜN, A. et al. Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks. p. 147, 2016.

REUTERS. Cape Town 'Day Zero' pushed back to 2019 as dams fill up in South Africa. 2018. Disponível em <<https://news.un.org/pt/story/2017/06/1589091-populacao-mundial-atingiu-76-bilhoes-de-habitantes>> acesso em: 10 ago 2018.

ROIG, Jaime Nadal; BISH, Joe; EHRLICH, Paul R.; MATHAI, Wanjira; SILECHIA, Lucia A.; TAL, Alon. Population and the Environment: How Do Law and Policy Respond? Environmental Law Institute, march/april 2017, Washington, D.C. [www.eli.org](http://www.eli.org). Disponível em: <<https://www.law.edu/res/docs/population-debate.pdf>> Acesso em: 28 set 2018.

RUSNANO. Roadmap "Applying Nanotechnology to Water Treatment". 2017. Disponível em <<http://en.rusnano.com/upload/OldNews/Files/34158/current.pdf>> Acesso em: 15 jun. 2017.

SALLES, Maria Clara Torquato; GRIGIO, Alfredo Marcelo; SILVA Márcia Regina Farias da. Expansão urbana e conflito ambiental: uma descrição da problemática do município de Mossoró, RN - Brasil. *Sociedade e Natureza*, V.25, N.2, p. 281-290, mai/ago/2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sn/v25n2/a06v25n2.pdf>> Acesso em: 20 Mar. 2018.

SCHINDLER D. W. Effects of Acid Rain on Freshwater Ecosystems. *Science New Series*, Vol. 239, No. 4836 (jan. 8, 1988), pp. 149-157.

SILVA, R.C.; SANGOI, R.F.; ESPINOZA, M.W. Relatório sobre a Geração de Resíduos Sólidos Industriais no Estado do Rio Grande do Sul: FEPAM e FNMA, 27p. 2006.

SIWI. Stockholm International Water Institute. "Most progressive water utility in Africa" wins 2014 Stockholm Industry Water Award". (SIWI). Retrieved: 10th November 2017. Disponível em <<http://wsscc.org/2014/06/20/most-progressive-water-utility-in-africa-wins-2014-stockholm-industry-water-award/>> Acesso em: 10 ago 2018.

SMITH, V.H., SCHINDLER, D.W. Eutrophication science: where do we go from here? *Trends in Ecology and Evolution* 24: 2009. 201-207.

SNIF - Sistema Nacional de Informações Florestais. Florestas, Biomas, Amazônia, Recursos florestais. 2016. Disponível em <<http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais>> Acesso em: 15 Dez.2017.

SONSTER, Laura J. et al. Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon. *Nature Communications*, V. 8, Art 1013, 2017. Disponível em <<https://www.nature.com/articles/s41467-017-00557-w.pdf>> Acesso em: 20 Mar. 2018.

STATISTA. Disponível em <<https://www.statista.com/statistics/271748/the-largest-emitters-of-co2-in-the-world/>> Acesso em: 15 jun. 2017.

STRASKRABA, M., TUNDISI, J. G. Diretrizes para o gerenciamento de lagos: gerenciamento da qualidade da água de represas. Instituto Internacional de Ecologia, São Carlos, vol. 9, 300 p. 2008 (2ª edição).

SUKENIK, Assaf; HADAS, Ora; LEIBOVICI, Edit; MALINSKY-RUSHANSKY, Nehama; PARPAROV, Rita; PINKAS, Rivka; VINER-MOZZINI, Yehudith; WYNNNE, David; CARMELI, Shmuel. Water pollutants. *Aquatic Ecology*, 2014, Vol.6, pp.577-606

TEIXEIRA, Júlio César. Saúde Ambiental. Apostila para o curso de Engenharia Sanitária e Ambiental. Juiz de Fora: UFJF, 2012.

TEODORO, Anderson; BONCZ, Marc Árpád; JÚNIOR, Amílcar Machulek; PAULO, Paula Loureiro. Disinfection of greywater pre-treated by constructed wetlands using photo-Fenton: Influence of pH on the decay of *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 2, p. 958-962, 2014.

THE NATIONAL ACADEMIES PRESS. *A Framework to Guide Selection of Chemical Alternatives* (2014). The National Academies Press, 2014. Disponível em <<https://www.nap.edu/read/18872/chapter/9>> Acesso em 25 set 2018.

THOMPSON, R. *Materiais sustentáveis, processos e produção*. SENAC Editora, São Paulo, SP, 2015.

TOMASI, André. *Potencialidades e Limites da Cadeia de Valor da Madeira no Município de Lábrea, Sul do Amazonas*. Instituto Internacional de Educação do Brasil – IEB, 2016.

TREIN, F.; VARGAS, A.; RODRIGUES, M.; GOMES, J. Evaluation of the Mechanical and Environmental Behavior of Alkali-Activated Mortars Containing PU/EVA-Based Waste. *Congresso Luso-brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis - CLB-MCS*. Guimarães, Portugal. 2014.

TUNDISI, J. G., TUNDISI, T. M., JORGENSEN, S. *Handbook of Inland Aquatic Ecosystem Management*. CRC Press. 2013. Denmark.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME. *About Montreal Protocol*. Disponível em: <<http://web.unep.org/ozonaction/who-we-are/about-montreal-protocol>> Acesso em: 16 Dez. 2017.

\_\_\_\_\_. *Assessing the Environmental Impacts of Consumption and Production: Priority Products and Materials, A Report of the Working Group on the Environmental Impacts of Products and Materials to the International Panel for Sustainable Resource Management*. Hertwich, E., van der Voet, E., Suh, S., Tukker, A., Huijbregts M., Kazmierczyk, P., Lenzen, M., McNeely, J., Moriguchi, Y. 2010. Disponível em <[http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/dtix1262xpa-priorityproductsandmaterials\\_report.pdf](http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/dtix1262xpa-priorityproductsandmaterials_report.pdf)> Acesso em: 25 set 2018.

\_\_\_\_\_. *Cerca de 1,6 bilhão de pessoas depende diretamente de florestas*. 2015. Laura Gelbert, Rádio ONU, Nova York. Disponível em <<https://news.un.org/pt/story/2015/03/1505821-cerca-de-16-bilhao-de-pessoas-depende-diretamente-de-florestas>> Acesso em: 01 set 2018.

\_\_\_\_\_. *Emerging Environmental Issues 2013*. Division of Early Warning and Assessment (DEWA). United Nations Environment Programme (UNEP), 2014.

\_\_\_\_\_. *Green Energy Choices: The benefits, risks and trade-offs of low-carbon technologies for electricity production*. Report of the International Resource Panel. E. G. Hertwich, J. Aloisi de Lardere, A. Arvesen, P. Bayer, J. Bergesen, E. Bouman, T. Gibon, G. Heath, C. Peña, P. Purohit, A. Ramirez, S. Suh, (eds.). 2016. Disponível em <[https://www.unclearn.org/sites/default/files/inventory/-green\\_energy\\_choices\\_the\\_benefits\\_risks\\_and\\_trade-offs\\_of\\_low-carbon\\_technologies\\_for\\_electricity\\_production-2016unep\\_gec\\_web.pdf\\_1.pdf](https://www.unclearn.org/sites/default/files/inventory/-green_energy_choices_the_benefits_risks_and_trade-offs_of_low-carbon_technologies_for_electricity_production-2016unep_gec_web.pdf_1.pdf)> Acesso em: 26 set 2018.

\_\_\_\_\_. Marine plastic debris and microplastics – Global lessons and research to inspire action and guide policy change. United Nations Environment Programme, Nairobi, 2016.

\_\_\_\_\_. Ozon Action – Publications. Disponível em: <<http://web.unep.org/ozonaction/resources/publications?page=9>> Acesso em: 16 dez. 2017.

\_\_\_\_\_. UNEP IE. Environmental management in oil and gas exploration and production. An overview of issues and management approaches. UNEP IE. 1997. Disponível em <<https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8275/-Environmental%20Management%20in%20Oil%20&%20Gas%20Exploration%20&%20Production-19972123.pdf?sequence=2&isAllowed=y>> Acesso em: 25 set 2018.

\_\_\_\_\_. Why do forest matter? Disponível em: <<https://www.unenvironment.org/explore-topics/forests/why-do-forests-matter>> Acesso em: 16 Dez. 2017.

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change. Report of the Conference of the Parties on its seventh session, held at Marrakesh- Acordo de Marrakesh e Declaração de Marrakesh. Marrakesh, 2002. Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/docs/cop7/13a01.pdf>> Acesso em: 15 Dez. 2017.

\_\_\_\_\_. Federative Republic of Brazil: Intended Nationally Determined Contribution Towards Achieving the Objective of the United Nations Framework Convention on Climate. Paris, 2016. Disponível em: <<http://www4.unfccc.int/ndcregistry/PublishedDocuments/Brazil%20First/BRAZIL%20iNDC%20english%20FINAL.pd>> Acesso em: 19 Mar. 2018.

UNFPA. População e Cidades - subsídios para o planejamento e para as políticas sociais. Disponível em: < [http://www.unfpa.org.br/Arquivos/populacao\\_cidade.pdf](http://www.unfpa.org.br/Arquivos/populacao_cidade.pdf)> Acesso em: 28 set 2018.

\_\_\_\_\_. World Population Dashboard. 2018. Disponível em: <<https://www.unfpa.org/data/world-population-dashboard>> Acesso em: 28 set 2018.

UNITED NATIONS. Global Issues: Population. Disponível em: <<http://www.un.org/en/sections/issues-depth/population/index.html>> Acesso em: 28 set 2018.

\_\_\_\_\_. Sustainable Development Knowledge Platform. Freshwater Country Profile. South Africa. Retrieved: 10th November 2016. Disponível em <<http://www.un.org/esa/agenda21/natlinfo/countr/safrica/freshwater.pdf>> Acesso em: 25 set 2018.

\_\_\_\_\_. Wasted Water: The Untapped Resource. The United Nations World Water Development Report, 2017.

UNITED NATIONS – DESA/POPULATION DIVISION. World Urbanization Prospects – Highlights. Disponível em: <<https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Highlights.pdf>> Acesso em: 28 set 2018.

UNWATER. The United Nations World Water Development Report 2017.

USP - Universidade de São Paulo. Ação humana ainda é a maior causadora de

incêndios florestais no Brasil. São Paulo: Jornal da USP, 2017. Disponível em: <<http://jornal.usp.br/atualidades/acao-humana-ainda-a-maior-causadora-de-incendios-florestais-no-brasil/>> Acesso em: 20 Mar. 2018.

WATERAID. Report: Overflowing Cities: The State of the World Toilet 2016. Disponível em <<http://wateraidindia.in/publication/overflowing-cities-state-worlds-toilet-2016/>> Acesso em: 16 Dez. 2017.

WEYUN, S. Effectiveness of water protection policy in China: A case study of Jiaying. *Science of the Total Environment*, 2010, Vol.408(4), pp.690-701.

WHO/UNICEF. Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation: Data table South Africa, 2010. Disponível em <<https://www.unicef.org/eapro/JMP-2010Final.pdf>> Acesso em: 10 nov 2017.

\_\_\_\_\_. Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. Progress on drinking water and sanitation, 2012. Disponível em <[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/jmp\\_report-2012/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/jmp_report-2012/en/)> Acesso em: 10 nov 2017.

\_\_\_\_\_. Progress on sanitation and drinking water - 2015 update and MDG assessment, Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation, 2015. Retrieved in 10th November 2017 Disponível em <[http://files.unicef.org/publications/files/Progress\\_on\\_Sanitation\\_and\\_Drinking\\_Water\\_2015\\_Update\\_.pdf](http://files.unicef.org/publications/files/Progress_on_Sanitation_and_Drinking_Water_2015_Update_.pdf)> Acesso em: 15 ago 2018.

WORLD BANK. Brazil may be the Owner of 20% of the World's Water Supply but it is still Very Thirsty. August, 2016. Retrieved: 10th November 2017. Disponível em <<http://www.worldbank.org/en/news/feature/2016/07/27/how-brazil-managing-water-resources-new-report-scd>> Acesso em: 10 nov 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global Report on Urban Health. Section 1: a vision for healthier cities. Disponível em: <[http://www.who.int/kobe\\_centre/measuring/urban-global-report/en/](http://www.who.int/kobe_centre/measuring/urban-global-report/en/)> Acesso em: 28 set 2018.

\_\_\_\_\_. Water supply, sanitation and hygiene monitoring. Disponível em: <[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/monitoring/coverage/water2017-930px.jpg?ua=1](http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/coverage/water2017-930px.jpg?ua=1)> Acesso em: 20 jul 2018.

WORLDWATCH INSTITUTE (2015). Annual Report 2015. Disponível em <[http://www.worldwatch.org/system/files/Worldwatch\\_Annual\\_Report\\_2014-15\\_0.pdf](http://www.worldwatch.org/system/files/Worldwatch_Annual_Report_2014-15_0.pdf)> Acesso em: 10 ago 2018.

ZHANG, K.; WEN, Z.G.; PENG, L. Y. Environmental policies in China: evolution, features and evaluation. *Chin Popul Resour Environ* 2007a;17(1):1-7.



## 2// COMPREENDENDO O QUE PODEMOS FAZER

### 2.1 Conceitos-chave

#### 2.1.1 Sustentabilidade como um *wicked problem*

A sustentabilidade pode ser abordada a partir de diversos pontos de vista. Sob a ótica do design, duas abordagens são particularmente relevantes: a primeira, considerando a sustentabilidade como uma forma de visão sistêmica e integradora dos vários campos do conhecimento humano (CABRERA, 2015), abrangendo tanto o natural (por meio das ciências físicas e da vida) quanto o humano (com as ciências humanas e sociais) e o artificial (incluindo áreas como as engenharias, o design e a arquitetura); a segunda, a partir da natureza dos problemas relativos à sustentabilidade, cujo caráter é eminentemente complexo; são os chamados *wicked problems* (RITTEL; WEBER, 1973).

Tratar a sustentabilidade como integradora de conhecimentos é uma forma útil e apropriada de superar as divisões típicas da especialização científica, uma vez que os grandes problemas sociais, ambientais e econômicos da humanidade são interligados e não respeitam fronteiras de conhecimento, necessitando, portanto, da integração das diversas formas do saber humano para sua solução. A maior parte desses problemas ocorre por consequência das diversas atividades antropocêntricas, ou seja, aquelas destinadas à criação do mundo artificial, a fim de permitir ao ser humano sobreviver no mundo natural.

Sendo o design a área do conhecimento que cria o ambiente artificial (SIMON, 1965), e que para isso necessita de uma visão integradora e sistêmica dos problemas humanos, é compreensível, e até mesmo desejável, que haja uma convergência de interesse entre a sustentabilidade e o design como forma de se enfrentar os problemas complexos causados pelas diversas atividades antropocêntricas relativas à produção, ao consumo e ao descarte de bens e serviços.

No entanto, essas atividades, mesmo sob a ótica do desenvolvimento sustentável, são comumente abordadas de forma antropocêntrica, na qual a proteção e a preservação do planeta são buscadas com o objetivo de atender às necessidades do homem. Portanto, é preciso

que a responsabilidade do design vá além da criação do artificial e que busque uma aproximação com outras visões, incluindo o ecocentrismo, passando a compreender que o mundo natural possui um valor intrínseco, independentemente de sua utilidade para o homem (BARROS, 1999).

Diferentemente dos problemas rotineiros (ou *tamed problems*), os **wicked problems**<sup>1</sup> representam um tipo de impasse que não pode ser realmente resolvido, mas apenas gerenciado até que novos problemas dele venham a emergir. Conforme Rittel e Weber (1973), esse tipo de problema não pode ser formulado nem resolvido de forma definitiva; está sempre em mudança; as soluções são variadas, e podem ter consequências inesperadas (unintended consequences); cada problema é único, portanto, a experiência em problemas anteriores não traz grande vantagem; são sintomas também de outros problemas, e não tem uma causa única; envolvem muitas partes interessadas, com diferentes pontos de vista sobre o problema e em várias escalas diferentes; e as consequências das ações de intervenção podem ser significativas.

Tanto os problemas de sustentabilidade (KEBREAB, 2013; MURPHY, 2012) quanto os problemas com os quais os designers deparam frequentemente apresentam essas características (BUCHANAN, 1982) – podendo, portanto, ser considerados *wicked problems*. Por isso, o design pode ser considerado atualmente como uma das abordagens de solução de problemas de sustentabilidade mais relevantes entre as disponíveis para o conhecimento humano.

Buchanan (1982) esclarece que o design pode abordar os *wicked problems* em termos de quatro **ordens** de ação diferentes e complementares: 1) palavras e imagens (ou gráfico, relativo a signos e símbolos); 2) objetos (ou industrial, relativo a produtos); 3) planejamento estratégico de design (interações ou interfaces de serviços e experiências); e 4) ambientes e sistemas culturais (negócios, organizações, educação, governo).

Este último engloba todos os anteriores, e é o que apresenta os problemas mais complexos, incluindo aqueles relativos à sustentabilidade. A abordagem de sistemas produto-serviço (PSS) insere-se tanto no terceiro nível, na forma de serviços e experiências, quanto no quarto nível, pois os PSS configuram-se também como sistemas sociotécnicos, nos quais vários atores interagem de forma não linear e com diferentes níveis de envolvimento e interesse.

<sup>1</sup> Van Latesteijn e Andeweg (2011) apresentam outras denominações para os *wicked problems*, incluindo *ill-defined problems* (DORST, 2011; SIMON, 1965), *intractable problems* (SCHÖN; REIN, 1994), *unstructured problems* (HISSCHEMÖLLER; HOPPE, 1996) ou *persistent problems* (LOORBACH, 2007).

### 2.1.2 Conceito de ciclo de vida

Como acontece com os seres vivos, um determinado produto pode ser analisado pelo seu potencial de existência. Um ser humano passa pelas etapas de nascimento, crescimento, maturidade, velhice e morte, e esta ideia também é aplicável aos produtos. Considera-se o ciclo de vida como o conjunto de todas as etapas necessárias para que um produto cumpra sua função na cadeia de produtividade, desde a extração e processamento da matéria prima, até o descarte final. Nesse processo, incluem-se as fases de transformação, produção, transporte, distribuição, uso, reuso, manutenção e reciclagem (INMETRO).

No conceito de “do berço ao túmulo” (*cradle to grave*) como é popularmente caracterizado (DIAS, 2015), devem ser incluídos todos os inputs (insumos, energia, água) gastos na produção e descarte, e também os outputs deste processo (emissões e resíduos). De forma ainda mais avançada, podemos incluir a possibilidade de retorno dos resíduos descartados ao processo produtivo, por meio de uma abordagem denominada do berço ao berço (*cradle to cradle, ou C2C*), de forma que os processos industriais possam imitar os processos metabólicos naturais em seu funcionamento, tratando os resíduos como nutrientes para novas cadeias alimentares.

O foco do ciclo de vida se estabelece sobre o processo, ou seja, é a reflexão sobre a criação e o uso de produtos gerados pelo ser humano. Pode-se dizer também, que está associada aos conceitos de gerenciamento do ciclo de vida, ecologia industrial, design regenerativo, *performance economy* e biomimética, conforme EMF (2012).

No entanto, as abordagens mais atuais sobre o ciclo de vida tendem a ir além do foco apenas em produtos, considerando também os serviços. Manzini (2008, p. 26), esclarece que “para ser sustentável, um sistema de produção, uso e consumo tem que ir ao encontro das demandas da sociedade por produtos e serviços sem perturbar os ciclos naturais e sem empobrecer o capital natural”. Ainda, segundo o autor, necessário se faz aplicação de novos conceitos de estilo de vida, produção e consumo. Desde a industrialização à prática do lazer em coletividade, associa-se o compartilhamento de produtos e serviços, que se concretiza de forma exagerada, sem levar em conta o que se deve fazer com os resíduos gerados.

Neste caminho, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) juntamente com o SETAC lançou a Iniciativa para o Ciclo de Vida (*Life Cycle Initiative - LCI*), em 2002. Essa iniciativa, busca incentivar a prática da abordagem do ciclo de vida em todas as áreas, independentemente do território. Esse feito também contribuiu para que as instituições acadêmicas também participassem desse processo, com a criação de eventos, projetos e outros. (BARBIERI, 2016).

O que se espera desta iniciativa é que os sistemas produtivos se aproximem mais das metas de equilíbrio. Espera-se também que os critérios na tomada de decisão possam refletir no entendimento da responsabilidade sobre o produto, que estabeleçam novas forças de mercado e o âmbito de atuação, que viabilizem o desenvolvimento de tecnologias ambientais e que compreendam os princípios da conservação como meta para a humanidade (BLUMENSCHNEIN; MILLER, 2014).

Um aspecto importante refere-se à quantificação dos impactos ambientais relativos ao ciclo de vida de produtos, que ainda apresenta dificuldades devido à quantidade e precisão da informação necessária para as análises, e esta dificuldade se amplia consideravelmente quando se avalia os serviços que estão relacionados aos produtos. A principal ferramenta de avaliação quantitativa de impactos ambientais em produtos e serviços atualmente disponível é a **Análise do Ciclo de Vida – ACV**.

No entanto, cabe esclarecer que, além da ACV há diversas outras ferramentas de avaliação de impacto, tanto de caráter quantitativo (como os ecoindicadores) quanto qualitativo (como os checklists e as matrizes de comparação); estas ferramentas, incluindo a ACV, serão exploradas em detalhe em outra publicação denominada “Design para a Sustentabilidade: Métodos e Ferramentas”, da mesma série a que pertence este livro.

## 2.2 Princípios-chave

### 2.2.1 Escolha de recursos de baixo impacto ambiental

#### 2.2.1.1 Definição

Na prática do design para a sustentabilidade, escolher materiais com baixo impacto ambiental é uma das estratégias com mais fácil inserção, por isso é importante estar ciente das propriedades dos

materiais, seja em relação ao design de produtos ou de Sistemas Produto-Serviços. Algumas vezes esta estratégia é confundida com ecodesign, ou seja, pensa-se que apenas o fato de usá-la irá tornar o produto ecológico, mas não é tão simples. A escolha adequada de materiais tem relação direta com a função que o produto vai exercer. Nesse sentido, o designer deverá ter o bom senso de ponderar entre a performance do produto e o mínimo impacto ambiental produzido desde a pré-produção, passando por todas as fases do ciclo de vida do produto/sistema, até o descarte final do produto (FUAD-LUKE, 2002).

Duas questões são primordiais para a escolha do material: considerar todo o ciclo de vida do produto ou sistema que se está projetando e o próprio ciclo de vida do material a ser utilizado. Em geral, as fases de pré-produção e descarte têm relação direta com a escolha de materiais, por exemplo, se escolhermos materiais biodegradáveis eles serão facilmente reinseridos na natureza. No entanto, em todo ciclo de vida é preciso levar em conta os impactos ambientais indiretos causados pelos ciclos de vida dos maquinários, insumos, gastos de energia, processos de fabricação, etc.

Para que se possa fazer as escolhas de materiais mais adequadas no desenvolvimento de novos produtos, é importante saber a relação entre os elementos químicos e seus efeitos ambientais (MANZINI e VEZZOLI, 2002). Estes efeitos foram explorados em detalhe no capítulo 1, e incluem mudança climática e efeito estufa, depleção da camada de ozônio, acidificação, eutrofização, toxinas do ar, na água e no solo.

### *2.2.1.2 Tipos de Materiais com Baixo Impacto Ambiental*

Pode-se dividir os materiais por sua origem: os que se originam da biosfera, da litosfera e da tecnosfera (FUAD-LUKE, 2002, p. 276). Os materiais que têm origem na biosfera são compostos por plantas, animais e micro-organismos e, portanto, renováveis. A renovabilidade de um material está diretamente relacionada com seu uso e sua resiliência, ou seja, à propriedade da biosfera retornar ao seu estado original como antes da extração. Assim, o cuidado necessário no uso de materiais originados na biosfera é não causar pressão em apenas um tipo exclusivo de material, seja renovável ou não.

A diversidade deve sempre ser incentivada quando se fala em

sustentabilidade. Seja no design de um produto, quanto no de um sistema é importante compreender quais são os materiais e saberes (cultura) de transformação que se encontram na região de produção do produto. Uma boa solução é a escolha de materiais certificados, que atestam sua origem.

Atualmente, temos uma nova classe de materiais da biosfera: são aqueles processados pelo ser humano, mas de origem natural como os biopolímeros biodegradáveis e compostos biológicos. Algumas vezes pensa-se que por ser natural ou biodegradável, o material é menos impactante; mas deve-se levar em conta também a sua extração, bem como a perda da biodiversidade e a qualidade de vida das pessoas responsáveis pela extração. Um lembrete importante é que para o material da biosfera possa voltar a ser aceito pela natureza ele não pode ser impregnado por outro material, como é o caso das fibras envernizadas.

Os materiais derivados da litosfera podem ser divididos em abundantes (areia, cascalho, pedra e argila) e os de distribuição limitada (combustíveis fósseis, minério de metal, pedras e minerais preciosos) (FUAD-LUKE, 2002). Estes últimos foram os que levaram às preocupações sobre os limites do planeta, nos anos 70. Já os materiais abundantes, apesar de existirem em maior quantidade, também são finitos. O maior problema dos materiais da litosfera está na sua extração.

Alguns minerais são retirados a céu aberto ou dos topos das montanhas, outros do subsolo com o uso de galerias e outros através do garimpo em rios. Isto causa profunda deterioração dos ambientes, modificando profundamente a paisagem e a biodiversidade, os rios são assoreados e a cobertura vegetal retirada, assim como o uso de produtos químicos altamente tóxicos, além da luta pela posse de terra e condições péssimas de trabalho (LEONARD, 2011).

Os materiais da tecnosfera são compostos por polímeros sintéticos especiais derivados do petróleo como os plásticos, os elastômeros e as resinas. Em geral não são renováveis e não retornam facilmente à natureza.

*“...alguns deles como os plásticos, as cerâmicas (cristal, fibras de cristal, grafite e carbono) e os compostos (cerâmica, metal) são imunes à decomposição microbiana e não podem voltar a entrar na biosfera.” (FUAD-LUKE, 2002, p. 276).*

Estes materiais consomem muita energia para seu processamento e a melhor opção para eles é o reuso dos componentes e a reciclagem, seja na escolha de materiais recicláveis, quanto de materiais reciclados. Neste sentido, sempre é importante lembrar que o projeto deve prever a não contaminação do material, para que seja facilmente separado.

Um outro problema dos compostos sintéticos é que nem todos foram testados para a saúde humana e um menor número ainda foi testado de forma sinérgica, ou seja, quando há a exposição concomitante a mais de um composto ao mesmo tempo (LEONARD, 2011, p. 106).

### *2.2.1.3 Estratégias e heurísticas para a escolha de recursos de baixo impacto ambiental*

A seguir serão apresentadas e discutidas formas de se fazer a escolha de recursos e processos de baixo impacto ambiental, em dois âmbitos principais: o dos artefatos, de modo estrito, e o dos sistemas, de forma mais ampliada.

#### *2.2.1.3.1 Âmbito dos artefatos*

Neste nível, as heurísticas ligadas à escolha de materiais de baixo impacto ambiental incluem (MANZINI, VEZZOLI, 2002):

- Evitar inserir no produto materiais tóxicos e danosos;
- Minimizar o risco dos materiais tóxicos e danosos;
- Evitar aditivos que causam emissões tóxicas e danosas.
- Evitar acabamentos tóxicos e danosos;
- Escolher os materiais com menor conteúdo tóxico de emissões na pré-produção;
- Projetar os produtos de maneira que evite o uso dos materiais de consumo tóxicos e danosos;
- Minimizar a dispersão dos resíduos tóxicos e nocivos durante o uso;
- Usar materiais renováveis;
- Evitar usar materiais que estão para se exaurir;
- Usar materiais que provenha de refugos de processos produtivos;
- Usar componentes que provenham de produtos já eliminados;
- Usar materiais reciclados separado ou junto com outros materiais virgens;
- Escolher tecnologias de transformação de baixo impacto;
- Usar materiais biodegradáveis.

Atributo do material	Baixo Impacto Ambiental
Disponibilidade do recurso	Renovável ou abundante
Distância da fonte em km	Perto
Energia incorporada	Baixa
Proporção de reciclagem	Alta
Produção de emissões	Zero/baixa
Produção de resíduos	Zero/baixa
Produção de tóxicas e emissões	Zero/baixa
Capacidade de reciclagem	Alta
Resíduo no final da vida útil	Zero/baixa
Facilidade com que o material se	Alta

**Quadro 3.** Atributos de Materiais de Baixo Impacto Ambiental

Fonte: Fuad-Luke (2002, p. 276)

O **Quadro 3** apresenta uma checklist de aspectos a serem considerados para a escolha de materiais de baixo impacto para produtos.

### Energia incorporada nos Materiais

Um dos aspectos fundamentais de se observar em relação aos materiais é a energia utilizada para a sua extração e processamento. “Um indício de eficiência ecológica é o uso de energia dentro de um ecossistema, quer dizer, a energia capturada, a liberação de energia dentro do ecossistema e a perda de energia” (FUAD-LUKE, 2002, p. 276).

A energia é um fator importante a ser considerado, porque muitas vezes o material tem características excelentes em relação a performance, durabilidade e leveza, e outros, mas é muito impactante quando de sua extração, como é o caso do alumínio. O **Quadro 4** relaciona a energia média incorporada (MJ por kg) de alguns materiais, organizados por sua origem na biosfera e litosfera.

A **Tabela 4** relaciona a energia média incorporada (MJ por kg) de alguns materiais, organizados por sua origem na tecnosfera.

Projetar produtos mais leves diminui o impacto ambiental no transporte, através da economia de energia e emissões. A diminuição do peso pode ser alcançada com a escolha de materiais mais leves (como metais leves, polímeros e compósitos) e/ou com uma estrutura tipo “sanduíche” (POULIKIDOU et al, 2013). Deve-se

**Quadro 4.** Energia Média incorporada em Materiais da Biosfera e Litosfera

Fonte: Fuad-Luke (2002, p. 276).

Tipo de material	Energia média incorporada (mj por kg)
Minerais cerâmicos como a pedra e o cascalho	2-4
Madeira, bambu e cortiça	2-8
Borracha natural (sem preencher)	5-6
Algodão, cânhamo, sena e lã	4-10
Compostos de madeira como painéis de partículas	6-12

**Tabela 4:** Energia Média incorporada em Materiais da tecnosfera.

Fonte: Fuad-Luke (2002, p. 276).

Energia média incorporada (MJ por kg)	Tipo de material	
2 - 10	Tijolos	Cerâmicos
20 - 25	Cristal	
20 - 150	Fibra de cristal	Compostos
800 - 1000	Fibra de carbono	
600 - 1000	matriz de titânio e carboneto	
450 - 700	fibra de alumínio reforçada	
400 - 600	polímero – termoplástico – (poliamida)	
400 - 600	Termostáveis matriz epoxidica –fibra	
300 - 350	metal – alumínio de alta densidade	
140 - 160	Espuma – polímero – poliuretano	Espuma
60 - 72	ligas ferrosas – diversas ligas de cobre	Metal
34 - 66	Ferro forjado – pó de granito	
235 - 335	– ligas ligeiras – alumínio - fundição	
115 - 180	Ligas não ferrosas – diversas ligas de cobre	
29 - 54	ligas leves – diversas ligas de chumbo	
5600 - 6000	ligas de metal precioso - ouro	
125 - 145	elastômero – borracha de butilo	Polímero
90 - 100	elastômero – poliuretano	
85 - 120	termoplástico - ABS	
170 - 180	termoplástico - nylon	
85 - 130	termoplástico - polietileno	
90 - 115	termoplástico - polipropileno	
120 - 150	termoplástico - melamina	
100 - 150	termoplástico - epóxi	

ter claro que a substituição do aço, por exemplo, com materiais compósitos (polímeros reforçados com fibra de carbono) é mais cara e apresenta maior demanda de energia durante a fabricação, além da reciclagem de compósitos e estruturas de sanduiche serem mais caras e complicadas, uma vez que são feitas de materiais distintos (POULIKIDOU et al, 2013).

A escolha de fontes energéticas com baixo impacto pode ser feita com base nas seguintes heurísticas (MANZINI, VEZZOLI, 2002):

- Escolher fontes energéticas renováveis;
- Escolher fontes energéticas que minimizem as emissões nocivas durante as fases de pré-produção e produção.
- Escolher fontes energéticas locais;
- Escolher fontes energéticas que minimizem as emissões nocivas durante a fase de distribuição;
- Escolher fontes energéticas que minimizem as emissões nocivas na fase de uso;
- Escolher fontes energéticas que minimizem os lixos e as escórias tóxicas nocivas;
- Adotar uma relação de tipo efeito cascata;
- Escolher fontes energéticas com alto rendimento de segunda ordem.

É importante salientar que, embora o “peso ambiental” dos produtos industriais tenha diminuído nos últimos anos em função de escolhas mais conscientes e adequadas, o consumo dos recursos naturais continuou crescendo. O chamado efeito bumerangue (*rebound effect*) confirma, então, que algumas escolhas consideradas positivas para o meio ambiente, somadas às melhorias tecnológicas, com a intenção de tornar os produtos mais ecoeficientes, pode se transformar também em uma nova oportunidade de consumo (MANZINI, 2008).

Nesse sentido, é fundamental ter em mente que a escolha de um material com menor impacto ambiental é apenas uma das estratégias de projeto possíveis, que leva em conta de todo o ciclo de vida do produto. Dependendo do produto, a prioridade projetual pode estar em outra estratégia em detrimento à escolha de material. Por exemplo, produtos que serão utilizados com muita frequência exigem que os materiais escolhidos sejam resistentes ou laváveis, ou apresentarem características muito específicas para sua função.

### 2.2.1.3.2 Âmbito dos sistemas/serviços

Nelson e Stolerman (2012, p.57) afirmam que, embora imprescindíveis, de nada importa os designers usarem materiais e processos ambientalmente adequados, as melhores tecnologias limpas ou seguirem à risca metodologias sustentáveis pois, "se eles não prestarem atenção total aos relacionamentos essenciais e conexões críticas, elas não contribuirão para a sustentabilidade a longo prazo." A sustentabilidade é um atributo sistêmico.

A escolha de materiais de baixo impacto ambiental é parte de um planejamento que deve considerar uma série de fatores e variáveis que não dizem respeito somente às matérias primas per se, mas a um delineamento estratégico que avalia de forma consciente quais os materiais mais adequados para contemplar eficazmente todas as etapas do ciclo de vida de um produto dentro do seu contexto de uso no sistema. Além das demandas da biosfera, litosfera e tecnosfera, deve-se também equilibrar as relações com a sociosfera, para desenvolver produtos coerentes com os sistemas nos quais estarão inseridos.

Estes sistemas apresentam propriedades emergentes, demandas precisas e dinâmicas, que podem divergir [e muito] daquelas observadas em um produto isolado. Neste momento, o designer pode enfrentar uma questão complexa que exige uma visão panorâmica do sistema e conhecimento profundo das relações que envolverão os produtos a serem concebidos, em todo seu ciclo de vida. Assim, a escolha do material e das fontes energéticas para produtos que compõem os PSS é, por conseguinte, também uma opção estratégica que não pode ser separada das demais estratégias traçadas para o todo.

Além do eixo "produto-sistema" para a escolha de materiais de baixo impacto ambiental o designer deve, obrigatoriamente, considerar: o território, o local, a cultura, os saberes, os hábitos, as práticas, bem como com o nível de desenvolvimento tecnológico, econômico e social da região onde o sistema será inserido. Deve avaliar as particularidades caso a caso, buscando a melhor composição para aquela demanda.

Deve manter-se vigilante e aberto a todas as possibilidades para evitar a ilusão de soluções perfeitas pois, um material que pode ser considerado de baixo impacto ambiental na China, pode não o ser

no Brasil e vice-versa. Igualmente, um material natural, abundante e renovável, que a princípio pode parecer uma escolha eficiente, se não for respeitado o limite de sua resiliência, pode sofrer um desequilíbrio que resultará em impactos irreversíveis.

Deve-se ponderar todas as variáveis iterativamente e promover o redesign sempre que houver pontos de conflito no design do produto e do sistema. Por exemplo: ao se programar o esquite de matéria-prima, deve-se entender como é o sistema de coleta de lixo da localidade, questionando-se:

- Existe coleta seletiva?
- Se sim, como os materiais são separados e quais são melhor aproveitados?
- Qual o destino do lixo? Das sucatas?
- Existe sistema de coleta institucionalizado? E não institucionalizado?
- Quais materiais são selecionados e quais possuem maior valor e por quê?

Isto traz novamente a questão de que a sustentabilidade é um atributo sistêmico e que a escolha do material é profundamente interdependente e coemergente com todos os fatores que atuam no sistema. É necessária uma postura sistêmica do designer, que supere o senso comum e atinja a maturidade da sustentabilidade a curto, médio e longo prazo, com decisões que promovam o equilíbrio, a minimização dos impactos, não apenas ambientais, mas econômicos, sociais e culturais. As mesmas orientações servem para os recursos energéticos, com os quais o produto deve ser compatível ou promover a adequação sistêmica para adesão a fontes mais ambientalmente amigáveis.

Isto posto, reforça-se a imperativa comunhão desta com outras estratégias do Design para a Sustentabilidade, como a otimização da vida útil dos produtos, montagem/desmontagem, a possibilidade de fácil manutenção, o reuso das partes íntegras, a reciclagem adequada das partes descartadas. Todas estas estratégias serão tratadas nos capítulos posteriores.

## 2.2.2 Minimização no uso de recursos

### 2.2.2.1 Definição

A demanda crescente por recursos naturais em um planeta com uma população também crescente exige o desenvolvimento de soluções

que não apenas substituam os modos presentes de consumo e produção, mas que resultem em efetiva redução da demanda por estes mesmos recursos. “Minimizar os recursos” presentes em produtos e serviços é um dos princípios centrais para alcançar este objetivo.

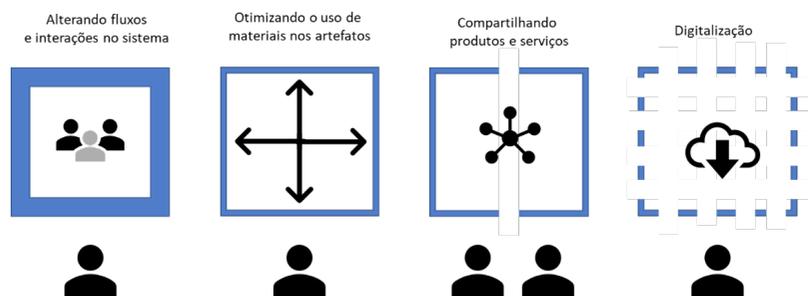
No limite, a minimização dos recursos para prover uma dada unidade de satisfação pode alcançar a total desmaterialização do consumo, enquanto mantém o nível de satisfação do usuário/cliente (EPA, 2010). Através da desmaterialização, um artefato físico é substituído por um mix de produtos e serviços que reduzem drasticamente ou mesmo totalmente a demanda por materiais/energia para atendimento das necessidades do usuário/cliente (HUMANA, 2010).

A repercussão mais profunda deste princípio pode demandar revisão do próprio significado de bem-estar, reduzindo-se o tamanho das habitações, automóveis, brinquedos, sistemas de entretenimento e a própria migração para estilos de vida mais centrados em significado, valor e efetiva felicidade (HUMANA, 2010).

O escopo de sua aplicação é, portanto, amplo. Inclui desde artefatos físicos isolados até sistemas inteiros, conforme exemplifica a **Figura 12**. A definição do escopo a ser adotado em uma situação prática vai depender principalmente de qual o impacto ambiental desejado e quanto é possível de se alterar o comportamento do consumidor (SANTOS, 2009).

**Figura 12.** Exemplos de Heurísticas para a minimização de recursos tanto em artefatos isolados como em sistemas

Fonte: Santos (2009).



No âmbito dos artefatos físicos, minimizar recursos exige desenhar soluções adequadas para as exatas necessidades do usuário, eliminando excessos e itens desnecessários. Assim, implica em buscar a redução (ou eliminação) dos recursos requeridos ao longo de todo o ciclo de vida de um produto, incluindo, além de menos material, a minimização de perdas/refugos, a energia necessária para

a produção e operação do produto, as embalagens utilizadas e o transporte requerido.

Aplicar este princípio e, ainda assim, manter ou ampliar o valor percebido dos produtos é um desafio complexo pois envolve muitas vezes a mudança de paradigmas culturais fortemente estabelecidos na sociedade. Alguns destes paradigmas estão entrincheirados em nossa cultura como, por exemplo, o valo simbólico associado ao tamanho de produtos ou a percepção de status associada à abundância na utilização de um determinado recurso.

Soluções em design da informação ou em “design para o comportamento sustentável” (vide dissertação de mestrado de Forcatto (2010)) ou relativos aos atributos estéticos associados a um produto ou serviço podem contribuir para influenciar esta mudança de comportamento (vide tese de doutorado de Costa (2017)). É preciso, por exemplo, alterar a percepção no consumidor ainda quando criança de que, quanto maior a embalagem, maior o carinho da pessoa que está presenteando.

A minimização do volume de embalagens pode implicar em repensar o conceito do próprio design do produto, integrando a embalagem como parte da estrutura do produto. Portanto, a minimização de recursos em um produto ou sistema pode ser obtida pela fusão de elementos que convencionalmente estariam separados.

No âmbito dos sistemas uma das estratégias eficazes para reduzir consideravelmente o volume de recursos utilizados no provimento da satisfação das pessoas é a implementação de Sistemas Produto+Serviço (PSS) que, dependendo de seu conceito, pode eliminar integralmente a necessidade de produção de um novo produto. O compartilhamento de artefatos ou a substituição do provimento de artefatos para o provimento de resultados são exemplos das repercussões de soluções do tipo PSS na redução do nível de consumo de recursos ou, até mesmo, na desmaterialização do modo de prover a satisfação.

Ampliando-se ainda mais a perspectiva sistêmica da aplicação deste princípio, a atenção pode voltar-se para ambientes urbanos complexos, com centenas e milhares de “sub” sistemas produto+serviço, tanto interdependentes quanto independentes entre si.

Aqui a ênfase não é a busca pela eficiência no consumo, mas sim o consumo suficiente (ALCOTT, 2010), ou seja, aquele estritamente necessário para a viver de forma saudável. A migração para estilos de vida onde a melhoria do bem-estar é alcançada ao mesmo tempo que é reduzido o consumo de recursos per-capita implica em mudanças das métricas de felicidade e qualidade de vida. Estas métricas podem estar orientadas tanto ao âmbito da habitação isolada, à rua, ao bairro, à cidade, ao estado ou ao país como um todo (OERS, KLEIJN & VOET, 2002).

#### 2.2.2.2 Estratégias e heurísticas para a minimização no uso de recursos

A seguir serão apresentadas e discutidas formas de se minimizar o uso de recursos em dois âmbitos principais: o dos artefatos, de modo estrito, e o dos sistemas, de forma mais ampliada.

##### 2.2.2.2.1 Âmbito dos artefatos

### Digitalização

Digitalização consiste na conversão de um artefato físico em um artefato digital. Ao mesmo tempo que pode reduzir a demanda por recursos materiais esta estratégia pode também ampliar as funcionalidades oferecidas ao usuário/cliente. Portanto, digitalização é uma estratégia que vai para além da mera minimização de recursos, possibilitando a ampliação do valor percebido, alternando a maneira como as pessoas interagem com o ambiental artificial.

Digitalização é frequentemente associada como uma nova revolução industrial (Ex: **Indústria 4.0**) em face a suas profundas repercussões no modo como produzimos e consumimos (CAYLAR et al. 2016). Sua ampla disseminação tem possibilitado a implementação de conceitos como de fabricas inteligentes via sistemas ciber-físicos (Internet das Coisas, ou *IOT*) para monitoramento e gerenciamento inteligente de processos e operações. A computação em nuvem em ampliado a integração em tempo real das decisões e fluxos intra e extra organizacionais através de toda a cadeia de valor (MERONEN, 2017).

A digitalização pode contribuir na redução de impactos ambientais em toda a cadeia de valor, incluindo a fase de uso. De fato, o relatório de Woetzel et al. (2017) aponta que a adoção de sistemas como *smart grids* e *advanced analytics*, tem possibilitado a tomadas de decisão mais inteligentes e o uso mais eficiente da energia.

Sua contribuição também ocorre no campo da logística e do transporte, com a redução ou eliminação da necessidade de fluxos. A disseminação do uso de videoconferências, por exemplo, tem impacto imediato na redução da demanda sobre os sistemas de mobilidade (BOSE & LUO, 2011; JENKIN et al., 2011).

Os benefícios ambientais da digitalização devem ser analisados em contraposição aos impactos ambientais da produção das soluções de software e hardware necessárias para sua operação. Conforme Berkhout and Hertin (2004), estes impactos incluem a produção propriamente dita dos itens de hardware; a proliferação de produtos “*smart*” devido à redução dos custos de aquisição; e os efeitos macroeconômicos nos estilos de vida da população. O relatório #Smarter2030 aponta, entretanto, que as emissões de gases-estufa evitados através das TIC são estimadas como 10 vezes superiores à pegada ecológica da TIC ao redor do ano 2030 (GeSI, 2015).

### **Miniaturização**

Miniaturização trata da drástica redução do tamanho de partes, subsistemas ou produtos inteiros, mantendo ou mesmo ampliando o atendimento da função original. Via de regra a consequência imediata da aplicação desta heurística é a redução do peso e volume dos produtos, trazendo por consequência impactos na redução de outros recursos ao longo do ciclo de vida como a energia para produção, a redução no volume de transportes, menor quantidade de recursos dedicados a embalagens, maior facilidade de manuseio por parte do usuário.

Além da redução direta da escala e dimensões do Produto, soluções miniaturizadas são alcançadas também via utilização de novos materiais (Ex.: nanotecnologia), nervuração de superfícies ou mesmo pela segmentação do produto em elementos menores, respondendo a funções específicas. (BERNARDINI & GALLI, 1993).

### **Otimização do projeto do produto**

Esta heurística trata da busca do uso ótimo de recursos requeridos para o provimento de artefatos físicos, mantendo-se ou ampliando-se o valor final para o usuário/cliente. Esta otimização pode ser alcançada desde a adoção da simulação computacional e otimização estrutural de um produto até revisões funcionais do produto buscando a eliminação de partes e subsistemas (OERS, KLEIJN & VOET, 2002).

Associado à noção de otimização do uso de recursos está o Fator 4, proposto originalmente por Von Weizacker, Lovins & Lovins (1997).

**Fator 4** é uma abordagem a partir da qual se prega duplicar a riqueza, reduzindo à metade a utilização dos recursos. Sua aplicação envolve a utilização do estado da arte da tecnologia e a melhoria dos métodos de produção e operação, demandando menor volume de recursos para o provimento de produtos e serviços. Busca, também, a extensão da vida útil dos produtos de maneira a reduzir a pressão sobre os recursos naturais.

#### 2.2.2.2.2 Âmbito dos sistemas/serviços

##### **Rearranjo das interações entre stakeholders**

Antes mesmos do projeto de produtos e serviços, reduções significativas da demanda de recursos podem ser obtidas pelo reposicionamento de stakeholders no âmbito do sistema, permitindo até a supressão total de fluxos na cadeia de valor. De certa forma trata-se também da heurística da otimização no uso de recursos trata anteriormente, porém levada ao âmbito das interações em todo o sistema de produção e consumo. Aplicar esta heurística exige necessariamente uma perspectiva sistêmica e de caráter estratégico, tendo em vista que pode implicar em reposicionamento geográfico de organizações e, até mesmo, mudanças profundas nos processos de negócio.

##### **Compartilhamento de recursos**

Esta heurística consiste na redução da demanda no consumo de recursos materiais através do compartilhamento de ativos do sistema, como equipamentos e conhecimento. É uma direta sobreposição com outro princípio do Design para a Sustentabilidade: a Otimização da Vida Útil do Produto. Segundo esta heurística os ativos do sistema podem ter a sua propriedade individual ou coletiva, mas sua utilização é necessariamente coletiva.

Não significa, portanto, a abdicação do senso de propriedade. Um equipamento para limpeza de carpete, por exemplo, teria ao longo de sua vida útil uma proporção limitada de efetiva utilização caso o acesso ao mesmo fosse limitado à utilização estritamente individual. Seu compartilhamento exigirá comunicação e planejamento do uso entre vários usuários de maneira a manter-se o provimento da satisfação, resultando na efetiva redução do volume de equipamentos a serem adquiridos (OERS, KLEIJN & VOET, 2002).

Para o usuário de sistemas compartilhados a abordagem significa uma mudança de paradigma cultural profunda, particularmente no que diz respeito à posse dos artefatos. Equidade social e econômica frequentemente é associada a parâmetros que incluem o volume de posses materiais (UNDP, 2010). Assim, os significados que atribuímos aos bens materiais, assim como os comportamentos e hábitos associados aos mesmos, necessitam ser em parte alterados para que se implemente esta heurística de forma bem-sucedida. O advento das redes sociais tem ampliado o acesso de pessoas e organizações a sistemas compartilhados, contribuindo para alterar inclusive a forma de como se lida com a posse (GANSKY, 2010).

Importante alertar para o risco do efeito colateral do compartilhamento em se tratando do aumento do consumo de recursos. Não havendo densidade de clientes para o compartilhamento em uma determinada região pode resultar na ampliação dos deslocamentos e consequente aumento da demanda por recursos materiais e de energia. Vasquez (2015) chama a atenção para o efeito rebote (rebound effect) do compartilhamento, quando há o aumento do número de usuários de produtos e serviços em decorrência da oferta de sistemas de compartilhamento. Pessoas e organizações que não demandavam as funções destes produtos e serviços podem passar a demandá-las com a redução dos custos viabilizado através do compartilhamento de ativos.

### **Servitização**

Servitização pode ser definida como uma estratégia de inovação que muda o foco do negócio da oferta de artefatos físicos para a oferta de um conjunto de produtos e serviços que, de forma integrada, são capazes de prover a satisfação do cliente (UNEP, 2002). Portanto, na lógica centrada nos serviços a empresa passa a orientar o negócio para uma resposta compreensiva para se alcançar a satisfação do cliente e não para a simples transação comercial de artefatos (SALONEN, 2011). Esta estratégia de transição para os serviços (FANG et al., 2008) tem como premissa benefícios associados à oferta de serviços, tais como: o aumento da fidelização dos clientes e menor demanda por recursos materiais e energéticos.

Com a servitização as empresas produtoras de bens de capital e de consumo passam a ter maior interesse com o ciclo de vida dos produtos, transpondo os próprios limites da organização. A gestão do ciclo de vida passa a ser atrativa para estas empresas, pois

configura-se como fonte potencial de valor (e faturamento) através de suas competências técnicas e gerenciais. Apesar do potencial de ampliação do desempenho ambiental através da servitização é importante notar que sua adoção demanda uma transição profunda que altera modelos de negócio, competências requeridas na organização, a estrutura da cadeia de valor e a própria cultura da organização.

### 2.2.3 Otimização da vida útil dos produtos e serviços

#### 2.2.3.1 Definição

Otimizar significa criar circunstâncias mais proveitosas para a melhoria de algo. Refere-se ainda a extrair o que há de melhor em alguma coisa, aprimorar ou melhorar. Desta forma, otimizar a vida do produto significa imprimir melhorias em seu ciclo de vida. Compreende dar a algo (uma máquina, uma empresa ou um produto) um rendimento ótimo, criando-lhe as condições mais favoráveis ou tirando (dele ou dela) o melhor partido possível; tornar (algo) ótimo ou ideal.

Especificamente no caso do ciclo de vida de produtos e serviços, Manzini e Vezzoli (2005) esclarecem que a vida útil tem a ver com aspectos como o tempo de vida previsto ainda na etapa de projeto, a quantidade de uso em condições normais, o tempo de duração das diversas operações ou o tempo e condições de armazenagem. Para Cooper (2004) a determinação do tempo de vida do produto é composta por uma complexa gama de fatores que incluem o projeto, a mudança tecnológica, o custo da reparação e disponibilidade de peças, a intensidade da necessidade, o valor residual para reaproveitamento e a qualidade estética e funcional, influenciadas pela moda, publicidade e pressão social.

Santos (2009) define que otimizar a vida útil de um produto/sistema significa “possibilitar a satisfação das necessidades das pessoas através do maior compartilhamento de produtos/serviços ou a extensão de sua vida útil, reduzindo desta forma a necessidade de exploração dos recursos naturais decorrente da produção de novos bens.” Assim, a otimização da vida dos produtos pode ser feita por meio de duas estratégias principais: aumentando a durabilidade dos produtos (e/ou de seus componentes) ou intensificando o seu uso (e/ou de seus componentes).

O aumento da durabilidade é interessante no caso de produtos que

não sofrem com a obsolescência tecnológica ou estética precoce, e que consomem poucos recursos na fase de uso e manutenção, como móveis, bicicletas e roupas; também é apropriado para diversos produtos monouso, como embalagens descartáveis, que em muitos casos podem ser substituídas por embalagens reutilizáveis.

A intensificação de uso, por sua vez, é mais adequada para aqueles tipos de produtos cujo uso mais intenso pode ajudar a reduzir a quantidade de recursos necessária para atender determinadas necessidades, bem como a quantidade de resíduos gerados, como veículos, ferramentas e eletrodomésticos. O desafio neste caso é reduzir a obsolescência tecnológica e estética, privilegiando os benefícios funcionais destes produtos.

O princípio de otimização da vida útil de produtos pode ser viabilizado por meio da adoção de alguns conceitos norteadores, incluindo a flexibilidade, modularidade, funcionalidade, usabilidade, construtibilidade e manutenibilidade.

De forma geral, quanto mais **flexibilidade** maior a possibilidade de adaptações do produto, que por sua vez terão maior durabilidade em um mundo em constante mutação. Para que sejam flexíveis, os produtos devem ser passíveis de montagem e desmontagem que devem preferencialmente seguir uma modulação. Produtos assim podem ser mais facilmente construídos, utilizados, reparados e atualizados, a fim de terem sua vida útil ampliada. A modularidade está intrinsecamente associada às demais abordagens. Um produto modular em sistema aberto, em nível de partes ou de componentes, subcomponentes e peças, permite a flexibilidade, a construtibilidade, a manutenibilidade e assim por diante.

A **funcionalidade** relaciona-se ao cumprimento dos objetivos do produto. Tanto a função básica quanto as demais devem atender um desempenho mínimo, e o projetista pode pensar em prover incrementos de desempenho para otimização do produto. Considerando que os usuários possuem necessidades que são cíclicas, por vezes sazonais e mutáveis, as adaptações e ampliação de funções, assim como uma experiência de usabilidade adequada, permitem que o mesmo produto seja utilizado por muito mais tempo. Neste sentido, as plataformas abertas onde um esqueleto multiuso pode servir de base para mudanças de componentes ou mesmo do objetivo final do produto.

A **construtibilidade** permite que se assegure uma otimização da vida do produto pela facilidade como os colaboradores confeccionam o produto e indiretamente, e relaciona-se diretamente com a qualidade, pois produtos difíceis de fabricar/construir são mais complexos, exigem maior especialização nos colaboradores e proporcionam maior probabilidade de falhas.

A **manutenibilidade** refere-se à facilidade de se realizar manutenção ou pela facilidade de uso.

### *2.2.3.2 Estratégias e Heurísticas para a otimização da vida útil dos produtos*

A seguir serão apresentadas e discutidas formas de se otimizar a vida útil dos produtos, seja para ampliar a durabilidade ou para intensificar o uso, em dois âmbitos principais: o dos artefatos, de modo estrito, e o dos sistemas, de forma mais ampliada. Estas formas serão apresentadas em termos de sete estratégias principais, cada uma com suas respectivas heurísticas.

#### *2.2.3.2.1 Âmbito dos artefatos*

Uma maior durabilidade ou intensificação de uso em artefatos pode ser obtida por meio de ações como:

- Projetar durações apropriadas para os produtos, seja prevenindo vidas iguais para os componentes, adequando a durabilidade à previsão de substituição e à vida útil prevista, ou evitando materiais permanentes para funções temporárias;
- Projetar para a confiabilidade, por meio da simplificação de produtos e da redução tanto na quantidade de partes e componentes quanto no uso de junções frágeis;
- Projetar para a atualização e adaptabilidade, facilitando a substituição de partes, tanto de software quanto de hardware, utilizando a modularidade, reconfiguração, multifuncionalidade, atualização no local de uso e provendo ao usuário informação adequada (Ex.: plataformas open building, sistemas de piso elevado e de paredes móveis);
- Projetar para a manutenção, facilitando o acesso, limpeza e substituição de partes, incorporando sistemas de diagnose e autodiagnose, facilitando a manutenção no local de uso, reduzindo operações de manutenção e provendo informação adequada ao usuário;
- Projetar para facilitar o reparo, facilitando o acesso e remoção de partes, estandardizando componentes, utilizando sistemas

automáticos de detecção (Ex.: pokayoke), facilitando o reparo no local de uso, integrando recursos que facilitem o reparo, e provendo informação adequada ao usuário;

- Projetar para facilitar a reutilização, adotando mais resistências em partes com maior risco de dano, facilitando o seu acesso para retirada, adotando intercambialidade, modularidade, standardização, reuso, recarga ou segundo uso para partes e componentes (Ex.: reuso de contêineres);
- Projetar para facilitar a refabricação, facilitando o acesso e a remoção de partes e componentes, adequando tolerâncias e reforçando partes mais sujeitas à deterioração;
- Projetar para intensificar o uso, adotando multifuncionalidade com componentes comuns e substituíveis, e/ou com funções integradas (Ex.: smartphones).

#### 2.2.3.2.2 Âmbito dos sistemas/serviços

##### **Rearranjo das interações entre stakeholders**

Assim como no caso da minimização no uso de recursos, a reorganização dos stakeholders e suas interações em um dado sistema pode levar a ganhos significativos na otimização da vida útil dos produtos, sobretudo no contexto de sistemas. Tendo-se como foco a satisfação de necessidades específicas de determinados grupos de usuários, novas interações podem ser construídas tanto para tornar os artefatos mais duráveis quanto para intensificar seu uso. Trata-se de uma heurística com grau de dificuldade alto de adoção, mas que também pode levar a resultados significativos tanto de ganhos ambientais quanto sociais e econômicos, desde que os stakeholders estejam dispostos a rever aspectos estratégicos, incluindo até mesmo seus próprios modelos de negócio.

##### **Compartilhamento de recursos**

Compartilhar recursos implica em se aceitar que os ativos do sistema podem ter a sua propriedade individual ou coletiva, mas sua utilização é necessariamente coletiva. Como já dito em princípio anterior (Minimização no uso de recursos), compartilhar não significa abrir mão do senso de propriedade, mas sim compreender que os benefícios podem ser coletivos. A articulação efetiva dos diversos stakeholders em termos de maior comunicação e planejamento do uso de artefatos entre vários usuários é um dos aspectos centrais para promover a otimização da vida útil dos mesmos.

Do ponto de vista do usuário, o compartilhamento de recursos também representa um desafio, pois a posse ainda é vista como um indicador de riqueza e bem-estar social, embora tenham havido mudanças significativas nas últimas décadas, com novos estilos de vida, produção e consumo emergindo, alavancados pelas novas tecnologias de comunicação.

Em relação aos riscos do compartilhamento de recursos para a otimização da vida útil dos produtos, vale o mesmo que já foi apontado para a minimização de recursos (VASQUES, 2015): tanto o aumento da durabilidade dos produtos quanto a sua intensificação de uso podem levar a um aumento no uso de recursos em vez da sua diminuição, caso uma quantidade muito maior de pessoas passe a demandar este tipo de produto. É necessário, portanto, um planejamento cuidadoso destes sistemas.

Importante alertar para o risco do efeito colateral do compartilhamento em se tratando do aumento do consumo de recursos. Não havendo densidade de clientes para o compartilhamento em uma determinada região pode resultar na ampliação dos deslocamentos e consequente aumento da demanda por recursos materiais e de energia. Vasquez (2015) chama a atenção para o efeito rebote (*rebound effect*) do compartilhamento, quando há o aumento do número de usuários de produtos e serviços em decorrência da oferta de sistemas de compartilhamento. Pessoas e organizações que não demandavam as funções destes produtos e serviços podem passar a demandá-las com a redução dos custos viabilizado através do compartilhamento de ativos.

### **Servitização**

A servitização pode ser adotada por meio do desenvolvimento de:

- Sistemas produto-serviço para uso compartilhado de veículos de uso individual em geral, incluindo bicicletas e automóveis;
- Sistemas produto-serviço para uso compartilhado de ferramentas e eletrodomésticos de uso esporádico;
- Sistemas produto-serviço para uso compartilhado de peças de vestuário;
- Sistemas produto-serviço para uso compartilhado de brinquedos;
- Sistemas produto-serviço para uso coletivo de veículos (Ex.: carona solidária);

- Sistemas digitais online que viabilizam os PSS supracitados, incluindo bancos de dados, aplicativos e outros recursos;
- Sistemas de compras em supermercados que privilegiam o reuso de embalagens (sacolas, caixas), ampliando a vida útil de embalagens e evitando o descarte precoce de sacolas plásticas.

#### 2.2.4 Extensão da vida útil com revalorização dos materiais

Do ponto de vista biológico, pode-se afirmar que nos sistemas naturais não há desperdício, uma vez que tudo o que é consumido por um determinado ser vivo torna-se depois resíduo que é absorvido por outro, sem perdas. Nos sistemas de produção e consumo antrópicos, ou seja, aqueles criados pelo homem, isto não ocorre; a abordagem linear de sistema adotada desde a revolução científica implica que não há um fechamento cíclico, com realimentações no próprio ciclo ou em outros, mas sim uma etapa final de descarte na qual os subprodutos finais deste sistema não são reabsorvidos, mas apenas descartados. A existência de aterros e lixões é consequência deste modo linear de pensamento e ação, com consequências para o planeta e todos os seres vivos.

Neste sentido, uma vez que sejam esgotadas as possibilidades de se ampliar a vida útil de um determinado produto pelo reuso, reparo, remanufatura ou atualização, e que o mesmo precise ser descartado, é necessário então adotar-se uma estratégia que possibilite a sua reinserção, tanto quanto for possível, em um dos dois ciclos possíveis (VEZZOLI, 2002): o tecnociclo e o biociclo.

O **tecnociclo** é formado pelos diversos ciclos produtivos de pré-produção, produção, distribuição, uso e descarte de produtos; o **biociclo** é o próprio ciclo biológico do planeta, que inclui todos os seres vivos e a estrutura de suporte à vida nele existente, e é formado por três ciclos principais: talassociclo (o ciclo marinho, que compreende  $\frac{3}{4}$  do planeta), epinociclo (o ciclo terrestre) e limnociclo (o ciclo da água doce).

De fato, todos estes três ciclos biológicos são utilizados pela humanidade como fonte de recursos e, portanto, são afetados pelas diversas atividades humanas. Seja no tecnociclo ou no biociclo, o que se busca é, conforme Hawken e Lovins (1999), passar de um estado de *muda* (expressão japonesa para desperdício) para um estado de *flow* (fluxo), no qual matéria e energia fluem ao longo dos diversos ciclos.

Entre os benefícios de se ampliar a vida útil dos materiais está a redução do desperdício destes que podem ser revalorizados ao serem considerados como matéria-prima, e não como lixo. A redução do uso de recursos naturais virgens é outro benefício, e inclui a redução no uso de recursos (como água e energia) necessários à extração, processamento e conversão em matérias-primas, e os impactos delas decorrentes.

Outro ganho está na redução dos impactos ambientais e sociais provocados pelo descarte incorreto, principalmente em aterros e lixões, que incluem a poluição do solo, da água e do ar, além da degradação da qualidade de vida de todos os seres que habitam nos locais próximos a eles. A fim de se avaliar corretamente os ganhos obtidos com a extensão da vida dos materiais em um determinado ciclo de vida é necessária uma avaliação quantitativa dos impactos, e a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é um dos métodos mais adequados para isso.

Existem também os rejeitos, que são aqueles materiais que não podem ser aproveitados nem no tecnociclo nem no biociclo. Somente os rejeitos deveriam ser encaminhados para a destinação final (aterros sanitários e lixões). Alguns exemplos de rejeitos são: absorventes, fraldas, acrílico, adesivos, bituca de cigarros, baquelite (como cabo de panela), cliques, embalagem de aerossol e espumas.

#### 2.2.4.1 *Tecnociclo*

No caso do tecnociclo, busca-se ampliar tanto quanto possível a vida dos materiais dos quais um produto é feito por meio da reciclagem, que viabiliza o retorno do material ao mesmo ciclo produtivo (re-ciclo) de origem ou mesmo em novos ciclos. Caso o material não possa ser reciclado, há ainda a possibilidade de recuperação energética por meio de incineração e coprocessamento, dado que todo material possui inerente a ele um determinado conteúdo energético. Esta energia pode ser utilizada para alimentar outros ciclos produtivos.

Conforme UNEP (2014), a hierarquia de gestão de resíduos proposta na década de 70 pela *Pollution Probe Foundation* é ainda hoje o modelo de referência para definição das estratégias de ação em resíduos sólidos, e baseia-se em **4 Rs: reduzir, reutilizar e reciclar e recuperar**. Este modelo considera não só os aspectos ambientais,

mas também sociais, econômico-financeiros e de gestão.

As estratégias de **reduzir e reutilizar** são as que apresentam maior potencial de redução de impactos ambientais, e baseiam-se tanto no redesign de produtos quanto em mudanças em modelos de produção e consumo. Os diversos benefícios incluem redução tanto nas emissões de gases de efeito estufa quanto no uso de recursos ao longo de todas as etapas do ciclo de vida de produtos e serviços.

Quanto à **reciclagem e recuperação de materiais**, os maiores benefícios são a reintegração e revalorização de materiais no ciclo produtivo e de consumo, e a redução na quantidade de material descartado no meio ambiente, embora haja um incremento nas emissões de gases de efeito-estufa devido aos processos adicionais de reciclagem.

#### 2.2.4.1.1 Aspectos da reciclagem

O que define o quanto um material é reciclável envolve não apenas aspectos relativos à sua composição, mas também uma série de considerações técnicas, econômicas e mesmo sociais que podem viabilizar ou não a sua reciclabilidade. Assim, há materiais que poderiam ser reciclados em termos técnicos, mas que não são devidos aos altos custos de coleta, transporte, separação, triagem e processamento envolvidos; da mesma forma, a falta de valor econômico que justifique a reciclagem do material faz com que vários materiais deixem de ser reciclados.

Por outro lado, a falta de condições técnicas adequadas faz com que vários tipos de materiais deixem de ser reciclados anualmente, e acabem em aterros ou lixões. Um bom exemplo de situação em que a reciclagem de um material com potencial reciclável praticamente ainda não ocorre é o poliestireno expandido (EPS), cuja baixa densidade muitas vezes inviabiliza a logística de transporte e armazenamento.

Considerando-se que a reciclagem seja possível, a extensão da vida dos materiais é viabilizada pelo uso de outra estratégia de fim de vida, a facilidade de desmontagem, que permite que um produto tenha suas partes separadas com facilidade ao final da vida útil, seja por meio de processos mecânicos ou químicos. Especialmente no caso da reciclagem, a dificuldade de desmontagem pode inviabilizar que um produto seja reciclado se os materiais não puderem ser

separados com facilidade. A facilidade de desmontagem é a quinta estratégia do design de ciclo de vida, que será discutida no próximo subcapítulo.

Um esclarecimento sobre a reciclagem dos materiais deve ser feito: é comum ouvir que um determinado material é 100% reciclável. Frequentemente estas declarações não tem significado, pois na verdade de uma forma ou de outra quase todos os materiais são recicláveis. Mas para isto, depende-se obviamente das características específicas do material, ou seja, a capacidade de recuperação do desempenho e os custos relativos. Por exemplo: o desempenho do metal recuperado é melhor que o do plástico após a reciclagem.

No entanto a reciclagem também depende da forma como o material é utilizado em um produto; se é fácil separar as partes umas das outras. Pode-se dizer que isto depende da arquitetura do produto. Poderíamos ter materiais com adequada capacidade de recuperação de desempenho, mas com partes difíceis de serem separadas ou mesmo que não se convém separar.

Aqui estes não poderiam ser chamados de materiais recicláveis pois teriam limitações advindas da característica do produto que tornam a reciclagem técnica ou economicamente inviável. Um exemplo de produto com esta característica são as embalagens flexíveis laminadas (como as embalagens de salgadinhos), que teoricamente seus componentes são recicláveis, entretanto a separação é inviável economicamente.

Deve-se considerar também que os sistemas produtivos não são inteiramente fechados, pois necessitam sempre da inserção de novos recursos para continuarem funcionando, portanto, a reciclagem é uma estratégia que tem seus limites devido à necessidade de entropia do próprio sistema produtivo.

#### 2.2.4.1.2 Aspectos da incineração com recuperação energética

A incineração com recuperação energética é a queima controlada de resíduos diversos com aproveitamento energético. O calor gerado na queima é consumido para a evaporação da água contida nos resíduos (por isso eles não podem ser muito úmidos) e o restante é "direcionado as caldeiras onde é gerado o vapor que vai alimentar as turbinas e finalmente em um gerador elétrico, "gerar" a energia elétrica." (MACHADO, 2013, p.1). Indica-se para esta modalidade

de recuperação energética os resíduos recicláveis plásticos e os orgânicos secos como a madeira. Segundo Tang (2008), esta técnica possui desvantagens como a emissão de dioxina, NOx, SO2 e metais pesados. Com o uso de dispositivos de controle de emissão, como os filtros instalados nas chaminés, as emissões são controladas, com exceção dos metais pesados.

A tecnologia da incineração foi tida como avançada, inovadora e ecologicamente correta da década de 60. Atualmente, entretanto, com o avanço da reciclagem ela tem ficado cada vez mais inviável.

A seguir serão aprofundadas as técnicas para extensão de vida dos materiais no âmbito do tecnociclo (reciclagem e incineração com recuperação energética) e do biociclo (compostagem e biodigestão).

#### 2.2.4.2 Biociclo

No biociclo, o que se busca é promover a reintegração do material aos ciclos naturais do planeta, e isso é possibilitado por meio da sua biodegradação. Todos os materiais são, em última análise, biodegradáveis, mas na prática alguns (como os plásticos em geral) levam tanto tempo para se degradar que esta opção se torna inviável para resolver o problema dos resíduos, e a reciclagem acaba sendo uma solução mais adequada. No entanto, para todos os materiais de origem orgânica cuja degradação é rápida a biodegradação é desejável, e a compostagem e a biodigestão são as técnicas utilizadas para isto.

Segundo levantamento realizado no ano de 2008 no Brasil, do total de resíduo gerado, 51,2% tinha origem orgânica, ou seja, que seria passível de ser aproveitado via compostagem ou biodigestão, processos descritos a seguir. A compostagem aeróbica e digestão anaeróbica para os resíduos orgânicos, ainda incipientes no Brasil, mas já comuns na Europa e Estados Unidos, serão discutidas a seguir.

##### 2.2.4.2.1 Aspectos da compostagem

A compostagem é o processo que utiliza o processo natural de deterioração da matéria orgânica. Para que este processo aconteça, é imprescindível a presença de oxigênio para que as bactérias quebrem as moléculas para a produção de água e gás carbônico. O composto orgânico é o produto deste processo, e pode ser usado para adubação (MACHADO, 2013).

#### 2.2.4.2.2 Aspectos da biodigestão

Semelhantemente à compostagem,

*[...] a biodigestão é um processo natural de decomposição da matéria orgânica, porém ocorre na ausência de oxigênio. Com isso, os gases gerados são principalmente o gás carbônico e o metano, que possuem alto poder de combustão (queima) podendo ser utilizado como combustível de automóveis, fonte de energia térmica (calor) em processos industriais (fábrica de farinha, indústria cerâmica, fábrica de cimento, ...) ou mesmo para "gerar" energia elétrica. (MACHADO, 2013, p. 1)*

Existem diversas tecnologias de biodigestores, sendo que as mais importantes são: 1) os indianos, ou sem automação e controle do processo, ou seja, as bactérias ficam expostas às influências externas de modo que a produção de metano nem sempre é satisfatória; os alemães, com controle do processo para alta geração de energia com a menor quantidade possível de resíduo.

Quando comparado à compostagem, é atualmente a melhor solução tecnológica tendo em vista o aspecto ambiental, sendo privilegiado pelo Governo brasileiro em termos de incentivo.

Machado (2013) afirma que tendo em vista as opções disponíveis para materiais orgânicos, a biodigestão é a mais indicada, seguida pela compostagem e por último a incineração. Esta avaliação teve como critério aspectos ligados à sustentabilidade (sociais, ambientais e econômicos). Já Tang et al. (2008) considera a compostagem o melhor processo.

#### 2.2.4.3 Estratégias e Heurísticas para facilitar a extensão da vida útil e revalorizar os materiais

Considerando-se a abordagem dos 4 Rs, e o fato de que a redução dos impactos dos resíduos exige soluções tanto de caráter técnico quanto social, pode-se identificar as seguintes possibilidades de ação por parte dos designers:

##### 2.2.4.3.1 Âmbito dos artefatos

Neste âmbito, a extensão da vida útil dos materiais pode ser viabilizada por meio de ações como (MANZINI, VEZZOLI, 2002):

- Desenvolver produtos cujos materiais possam ser reciclados em

cascata, facilitando a reciclagem de materiais para uso em outros produtos ou componentes com qualidade mecânica ou estética inferior, ou facilitando a sua combustão;

- Desenvolver produtos com materiais que tenham tecnologias mais eficientes de reciclagem, se possível evitando compósitos, utilizando nervuras de reforço, optando por termoplásticos e evitando aditivos enrijecedores;
- Desenvolver produtos com menor peso e volume, se possível empilháveis e compactáveis, sem comprometer o seu desempenho esperado;
- Identificar de forma visível os materiais ainda durante a fase de produção (Ex.: injeção de polímeros), para facilitar a separação e reciclagem por meio de sistemas de padrão internacional, incluindo idade, número de reciclagens e aditivos utilizados;
- Desenvolver produtos que tragam informações adequadas ao usuário sobre a forma de descarte;
- Minimizar a quantidade e facilitando a separação de materiais com ciclos de vida incompatíveis, privilegiando produtos monomaterial e/ou homogêneos, integrando funções, e utilizando elementos de união com materiais iguais aos dos componentes do produto;
- Facilitar a limpeza dos materiais no fim de vida, evitando acabamentos desnecessários ou de difícil remoção (como pintura), evitando adesivos incompatíveis, agentes contaminantes em processos de injeção e materiais adicionais para identificação de outros materiais (Ex.: tintas);
- Facilitar a combustão para recuperação energética, facilitando a separação dos materiais, utilizando materiais com alto poder de combustão e não-emissores de tóxicos;
- Facilitar a compostagem, utilizando materiais que se degradam no ambiente de descarte, evitando uso conjunto de componentes não-biodegradáveis e facilitando sua separação.

#### 2.2.4.3.2 Âmbito dos sistemas/serviços

Neste âmbito, deve-se buscar não apenas a extensão da vida útil dos materiais descartados, mas também a revalorização dos resíduos, ou seja, a criação de novos valores para estes materiais. Isto pode ser feita por meio de várias medidas, como:

- Projetos que promovam a educação para o consumo sustentável para todos os atores sociais, incluindo produtores e consumidores, a fim de se reduzir o consumo de bens e serviços;

- Projetos que melhorem a eficiência na produção e distribuição de bens e serviços, reduzindo a geração de resíduos;
- Projetos que melhorem a eficiência no descarte, coleta, separação e destinação dos resíduos, facilitando o reuso, a reciclagem, a compostagem, a recuperação energética, por ordem de prioridade;
- Projetos que promovam a incorporação de abordagens sistêmicas para o problema dos resíduos, a fim de identificar relações não óbvias de causa-efeito e implicações em horizontes de tempo mais ampliados;
- Projetos que ampliem a ação dos designers nas esferas político-administrativas da administração pública, auxiliando na coleta e análise de dados, no processo de tomada de decisão e na geração de soluções de caráter mais amplo e estratégico;
- Projetos que ampliem a ação dos designers na elaboração de leis e normas mais efetivas relacionadas à questão dos resíduos;
- Projetos que ampliem a qualidade na formação dos novos designers, em relação aos aspectos ambientais, e especificamente, na questão dos resíduos;
- Iniciativas que possibilitem a troca de informações e experiências em projetos na questão dos resíduos, em nível local, nacional e internacional;
- Projetos que ampliem e fortaleçam o papel das cooperativas de catadores nos sistemas de coleta seletiva;
- Projetos que ampliem e fortaleçam a participação da sociedade nos sistemas de coleta seletiva.

### 2.2.5 Facilitando a montagem/desmontagem

Uma vez que a vida útil do produto chegue ao final, é necessário assegurar que a sua desmontagem seja possível. A separação eficaz e eficiente de componentes permite que a manutenção, reparação, atualização, adequação e refabricação de produtos sejam possíveis. Da mesma forma, a separação total dos materiais facilita sua reciclagem ou seu isolamento [no caso de materiais tóxicos ou não recicláveis], evitando novas retiradas de matéria-prima da natureza e novos processos de transformação (MANZINI; VEZZOLI, 2005, p.243).

Facilitar a montagem e desmontagem é uma estratégia-chave que, além de dialogar com a extensão do ciclo de vida tanto dos produtos quanto dos seus materiais, contribui também para outras ações sistêmicas que permitem a valorização de componentes e matérias-primas em novos produtos e novos ciclos de vida, evitando o

descarte prematuro e descontrolado e constituindo fontes de renda, dentro de um processo de economia circular, que geram benefícios em todos os pilares da sustentabilidade (Ibidem; BISTAGNINO, 2017).

No âmbito de projetos de produtos sustentáveis, esta é a área em que o designer pode ter maior influência e poder de decisão, podendo por ela endereçar simultaneamente diversas estratégias para o ciclo de vida do produto. Devido à sua ampla aplicabilidade, o **Design para a Desmontagem** (ou *Design for Disassembly* - DfD) constitui toda uma metodologia já consolidada que orienta o designer a pensar para a durabilidade e a confiança, propriedades essenciais tanto para a ruptura do paradigma do Desenvolvimento Sustentável, quanto no escopo de Sistemas de Produto+Serviço (PSS).

Em paralelo à metodologia DfD, é útil também o emprego da metodologia de **Design para a Montagem** (ou *Design for Assembly* - DfA), que orienta o designer na criação de produtos de fácil montagem - desmontagem - remontagem, e também é muito útil para PSS que entregam produtos que preveem a participação do usuário nesta fase ou mesmo para produtos que necessitam de repetidos processos de desmontagem para o transporte e montagem em diferentes locais de uso.

Seguindo a mesma lógica, o Design para a flexibilidade pode garantir a adaptação das necessidades do usuário ou suas preferências por meio da intercambialidade entre partes ou pela capacidade de conectar-se com novas partes. Nesse sentido, produtos modulares são capazes de rapidamente adicionar ou remover partes, minimizando problemas decorrentes de funções rígidas e otimizando sua adaptabilidade. Os desdobramentos desta estratégia e as orientações básicas para o DfD são apresentadas nesta seção.

#### *2.2.5.1 Estratégias e heurísticas para facilitar a montagem/desmontagem*

A metodologia DfD, além de contribuir para atender às demandas relativas ao período de uso de produtos, pode influenciar e determinar as estratégias para fim do seu ciclo de vida, permitindo a valorização dos recursos e a dissolução, a longo prazo, dos impactos ambientais. Entre os tipos de artefatos físicos que podem compor um PSS, em relação a número de componentes, pode-se identificar as seguintes tipologias (**Quadro 5**):

**Quadro 5.** Tipos de artefatos físicos e variedade de componentes e materiais

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tipologia	Descrição	Variedade de Materiais
Produto Único	conformado em corpo único	monomaterial
Produto de baixa complexidade	Com mais de um componente	polimateriais
Produto de média complexidade	Com subsistemas	polimateriais
Produto de alta complexidade	Com múltiplos sistemas e subsistemas	polimateriais

Das tipologias apresentadas, todos os produtos compostos por mais de uma parte ou mais de uma matéria-prima demandam algum nível de aplicação das diretrizes do DfD, mesmo que sejam compostos de um único material ou materiais compatíveis. Isto porque, através da desmontagem facilitada, pode ser possível aproveitar as partes íntegras em detrimento daquelas que, por algum motivo, estejam danificadas.

A necessidade de utilização do DfD se torna mais pungente quando os produtos são multicomponentes, multissistemas e polimateriais pois, durante o período de uso, poder acessar e retirar, restaurar ou substituir componentes e sistemas pode ser a diferença entre a durabilidade e o descarte prematuro de um produto.

### 2.2.5.2 Âmbito dos artefatos

Neste âmbito, apresenta-se as linhas-guias do DfD, conforme veiculado por Manzini e Vezzoli (2005, p. 253) e Lepre (2008):

- Minimizar e facilitar as operações para a desmontagem e separação;
- Usar sistemas de junção removíveis;
- Quando usar sistemas de junção permanente, que estes sejam de fácil extração;
- Prever tecnologias e equipamentos para a desmontagem destrutiva;
- Utilizar dispositivos e mecanismos que facilitem a montagem intuitiva e segura;
- Utilizar dispositivos mecanismos que facilitem a desmontagem segura;
- Utilizar componentes e materiais duráveis que eliminem os potenciais pontos fracos dos produtos.

Estas linhas-guias ajudam no design de produtos mais duráveis e confiáveis. Mas em se tratando do fim do ciclo de vida de um produto, o uso do DfD torna-se obrigatório para possibilitar o correto direcionamento das estratégias escolhidas [reciclagem, reuso, reaproveitamento, etc.]. No caso da separação parcial ou total dos materiais utilizando tecnologias destrutivas, como a trituração, é importante considerar também (Ibidem):

- Uso de materiais que possam ser facilmente separados após a trituração;
- Uso de insertos metálicos que possam ser facilmente separados antes da trituração dos materiais;

Cada uma das linhas-guias citadas se desdobra em diversas orientações formando estruturas que direcionam e estimulam o design de produtos mais adequados à sustentabilidade e também à PSSs. Estas estruturas, conforme apresentam Manzini e Vezzoli (Idem, p. 253-267), podem ser concentradas em três principais grupos, apresentados a seguir:

- Minimizar e facilitar as operações para a desmontagem e a separação (**Quadro 6**);
- Usar sistemas de junção removíveis (**Quadro 7**);
- Prever tecnologias e formas específicas de montagem destrutiva (**Quadro 8**).

Todas as orientações elencadas ajudam a tornar a desmontagem possível e segura bem como contribuem para facilitar o reparo e a manutenção dos produtos, permitindo inclusive seu uso em locais diversos ou ainda como parte de outro objeto. Nesse sentido, tais conceitos possibilitam que estratégias para a durabilidade e extensão do ciclo de vida de produtos e materiais sejam executadas com sucesso, contribuindo diretamente para a redução na geração de novos resíduos.

### *2.2.5.3 Âmbito dos sistemas/serviços*

Produtos que fazem parte de Sistemas de Produto+Serviço têm, muitas vezes, exigências diferentes daqueles projetados para o uso individual privado. Dependendo do tipo do PSS, o produto deve ser robusto para permitir o uso intenso e compartilhado, ser altamente durável, passível de manutenção, limpeza constante, flexibilidade, atualização e adaptação tecnológica, estética, ergonômica, cultural.

Também pode requerer transporte intensivo, compactação,

**Quadro 6.** Minimizar e facilitar as operações para desmontagem e a separação

Fonte: Os autores.

Arquitetura geral:
<ul style="list-style-type: none"><li>• tornar desmontáveis principalmente:</li><li>• os componentes tóxicos e nocivos;</li><li>• as partes que tenham valor econômico;</li><li>• as partes que tendem ao desgaste ou quebras;</li><li>• adotar estruturas modulares;</li><li>• subdividir o produto em subconjuntos que possam ser facilmente separados e manipulados como partes individuais;</li><li>• minimizar as dimensões dos produtos e seus componentes;</li><li>• minimizar as conexões de dependência hierárquica entre os componentes;</li><li>• facilitar as extrações dos componentes e dos subconjuntos;</li><li>• procurar a máxima linearidade no direcionamento da desmontagem;</li><li>• adotar estruturas de desmontagem de forma de sanduíche, posicionadas na direção vertical e que contenham elementos de fixação de fácil acesso.</li></ul>
Forma dos componentes e das partes:
<ul style="list-style-type: none"><li>• evitar partes e componentes difíceis de movimentar;</li><li>• evitar partes assimétricas desnecessárias;</li><li>• projetar superfícies de apoio e componentes de alcance fácil e estandardizado;</li><li>• dispor os componentes pesados na base e próximos ao centro de gravidade;</li><li>• projetar considerando a fácil centralização dos componentes na base do produto.</li></ul>
Forma de acessibilidade e junções:
<ul style="list-style-type: none"><li>• evitar sistemas de fixação que, para a abertura do produto, exijam intervenção concomitante em mais de ponto;</li><li>• minimizar número de fixações;</li><li>• minimizar os tipos de fixação que necessitem instrumentos diferenciados para a remoção;</li><li>• evitar fixações de difícil movimentação;</li><li>• projetar vias acessíveis e identificáveis para as operações de desmontagem;</li></ul>

**Indicações para usar sistemas de junção removíveis:**

- usar garras de duas vias;
- usar juntas de garras (*snap-fit*) que se abram com instrumentos que se encontrem facilmente;
- sempre que possível, evitar insertos para parafusos;
- quando existir risco de abertura involuntária de uma das partes, usar juntas de garras que se abram somente com instrumentos especiais;
- projetar junções que se tornem reversíveis apenas em condições especiais;
- usar parafusos de cabeças hexagonais;
- atravessar o parafuso e travá-lo com um pino ou clipe, para que se possa removê-lo novamente;
- usar parafusos compatíveis com os materiais afixados, para não ser necessária a sua extração quando em caso de reciclagem do material (como cavilhas em madeira, p.ex.);
- em componentes poliméricos, quando possível, utilizar parafusos auto-atarraxantes, evitando assim os insertos metálicos.

**União permanente - usar apenas quando não for possível usar junções removíveis:**

- usar uniões permanentes que possam ser facilmente abertas;
- evitar rebites;
- preferir união à quente à rebites e quando se tratar de material polimérico e utilizar apenas em quantidade suficiente para garantir a fixação;
- evitar sistemas de junção por pressão para diminuir o risco de quebras na separação das partes;
- usar solda apenas quando não se prevê a separação das partes, em uso ou na reciclagem;
- evitar material adicional à soldadura;
- preferir solda com solventes à colagem com adesivos;
- evitar colagem com adesivos e se necessário optar pelos de fácil remoção.

**Quadro 7. Usar sistemas de junção removíveis**

Fonte: Os autores.

**Quadro 8.** Prever tecnologias e formas específicas de montagem destrutiva

Fonte: Os autores.

- predispor áreas de quebra em locais pré-estabelecidos para eliminação dos insertos incompatíveis com os materiais utilizados;
- predeterminar áreas de corte ou fratura para a separação de materiais incompatíveis, por meio de tecnologias apropriadas de separação;
- no produto, incluir elementos ou dispositivos de separação dos materiais incompatíveis entre si;
- usar elementos de junção que possam ser destruídos física ou quimicamente;
- tornar áreas de ruptura acessíveis ou facilmente identificáveis;
- descrever as possíveis modalidades de quebra, indicando-as no próprio produto;
- utilizar materiais facilmente separáveis quando triturados (magnetismo, flotação, etc.)
- usar insertos facilmente separáveis em materiais já triturados.

reiteradas montagens, desmontagens, remontagens, armazenamento, possibilidade de diversificação de configurações e aceitar possíveis participações de usuários intermediários e finais em processos e interferências durante o uso. A facilidade de desmontagem vem de encontro a estas exigências em PSS, atuando como uma estratégia que permite viabilizar estas possibilidades. Mas para que a desmontagem possa ser implementada no contexto de PSS, deve-se também considerar em termos das interações entre os stakeholders e do compartilhamento dos recursos.

### **Rearranjo das interações entre stakeholders**

No contexto de PSS, a facilidade de desmontagem pode implicar na necessidade de se reorganizar as interações entre determinados stakeholders do sistema, seja para fim de ampliar a durabilidade dos artefatos ou mesmo para facilitar o descarte dos materiais no seu fim de vida. Isto pode exigir eventual revisão de aspectos estratégicos dos modelos de negócio de cada stakeholder, tendo sempre como foco os valores ambientais, econômicos, sociais e de uso/consumo para os usuários/clientes.

### **Compartilhamento de recursos**

Considerando-se os benefícios coletivos do compartilhamento, a

facilidade de desmontagem configura uma estratégia relevante ao facilitar diversas atividades relacionadas a esse uso ou consumo compartilhado, já citadas anteriormente. Também aqui o aprimoramento dos aspectos de comunicação e planejamento do uso de artefatos entre vários usuários é importante, e deve incluir as questões de montagem e desmontagem dos artefatos a fim de viabilizar o PSS.

## Referências

- ABCV – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CICLO DE VIDA. Disponível em: <<http://abcvbrasil.org.br>> Acesso em: 09 out. 2018.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma NBR ISO 14040 – Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura. São Paulo, SP. 2009.
- ALCOTT, B. The sufficiency strategy: Would rich-world frugality lower environmental impact. 2008. Disponível em: <[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com). Acesso em: 22 dez. 2010.
- BARBIERI, José Carlos. Gestão Ambiental Empresarial. 4ª edição, Editora Saraiva, 2016.
- BARROS, P.M. de. Modelo de planejamento para implementação e desenvolvimento do ecoturismo: diagnóstico ecoturístico – estudo de caso. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/disserta99/patricia/index.html>> Acesso em: 01 out. 2018.
- BERKHOUT, F.; HERTIN, J. De-materialising and re-materialising: digital technologies and the environment. In: FUTURES (UK). 2004; Vol. 36, No. 8. pp. 903-920.
- BERNARDINI, O.; GALLI, R. Dematerialization: Long-term trends in the intensity of use of materials and energy. Futures, 1993.
- BLUMENSCHNEIN, Raquel Naves; MILLER, Kátia Broeto. Análise de Ciclo de Vida: conceitos e função – Inmetro. Fórum Governamental de Responsabilidade Social, 2014. Disponível em: <[www.inmetro.gov.br/qualidade/responsabilidade\\_social/apresentacoes/3.pdf](http://www.inmetro.gov.br/qualidade/responsabilidade_social/apresentacoes/3.pdf)> Acesso em: 09 out. 2018.
- BOSE, Ranjit & LUO, Xin (2011). Integrative framework for assessing firms' potential to undertake Green IT initiatives via virtualization – A theoretical perspective. The Journal of Strategic Information Systems, 20 (1): 38-54.
- BUCHANAN, Richard. Wicked Problems in Design Thinking. Design Issues, 8 (2), 5-21, 1992.
- CABRERA, Derek; CABRERA, Laura. Systems Thinking Made Simple: New Hope for Solving Wicked Problems. Edição do Kindle, 2015.
- CAVALCANTE, Ana Luisa Boavista Lustosa; PRETO, Seila Cibele Sitta; PEREIRA, Francisco Antônio Fialho; FIGUEIREDO, Luiz Fernando Gonçalves de. Design para

a Sustentabilidade - um conceito interdisciplinar em construção. *Projética Revista Científica de Design*. Londrina: vol.3 I, nº1, 2012.

CAYLAR, Paul-Louis; NAIK, Kedar; NOTERDAEME, Olivier (2016). Digital in industry: From buzzword to value creation. *McKinsey Quarterly*. Disponível em: < <http://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/digital-in-industry-from-buzzword-to-value-creation>> Acesso em: 03 mar. 2017.

CLUB OF ROME. Disponível em: <<http://www.clubofrome.org/2012-2052/>>. Acesso em: 09 out. 2018.

COOPER, Tim. Inadequate Life? Evidence of Consumer Attitudes to Product Obsolescence. *Journal of Consumer Policy*, Netherlands, v. 27, n. 4, p. 421–449, 2004. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s10603-004-2284-6>> Acesso em: 10 jun 2018.

COSTA, Humberto. Design para serviços e consistência estética: proposição de um protocolo de avaliação estética em design para serviços. 2017. Tese (Doutorado em Design): Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Paraná, 2017.

DIAS, Reinaldo. Sustentabilidade ambiental, Ecologia, Meio Ambiente, Desenvolvimento Sustentável. São Paulo: Editora Atlas, 2015.

ECYCLE. Acidificação dos Oceanos: um grave problema para o planeta. Disponível em: < <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/35-atitude/1382-acidificacao-dos-oceanos-um-grave-problema-para-o-planeta.html>> Acesso em: 20 dez 2017.

\_\_\_\_\_. O que é coprocessamento e quais as vantagens ambientais que ele pode oferecer? 2017. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/67-dia-a-dia/5918-o-que-e-coprocessamento-e-quais-as-vantagens-ambientais-que-ele-pode-oferecer.html>> Acesso em: 20 dez 2017.

EMF - ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Towards the circular economy - Vol. 1: Economic and business rationale for an accelerated transition. Isle of Wight: EMF, 2012.

EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2004. Disponível em: <<http://www.es.epa.gov/cooperative/international/>> Acesso em: 23 nov. 2010.

FORCATTI, Marcelo. Design para o comportamento sustentável: estudo da aplicação do eco-feedback na interface da lavadora de roupas. Dissertação (Mestrado em Design), Programa de Pós-Graduação Em Design: Universidade Federal Do Paraná, 2014.

FUAD-LUKE, Alastair. Manual de diseño ecológico. Palma de Mallorca: Cartago, 2002. Adaptado de Cambridge Engineering Selector, versão 3.0 Granta Design Ltda, Reino Unido.

GeSI – GLOBAL E-SUSTAINABILITY INITIATIVE. SMART2030. Disponível em: <<http://smarter2030.gesi.org/the-opportunity/>> Acesso em: 25 jul. 2018.

GOEDKOOOP, Mark; SPRIENSMA, Renilde. The Eco-indicator 99: a damage-oriented method for life cycle assessment, methodology report. PreConsultans BV, The Netherlands, 2000.

HAWKEN, P.; LOVINS, A.; LOVINS, L. H. Capitalismo Natural: Criando a Próxima Revolução Industrial. 2. ed. São Paulo: Editora Cultrix, 1999.

HUMANA, B. Dematerialization – Public Sphere Project. 2008. Disponível em: <<http://www.publicsphereproject.org/patterns/print-pattern.php?begin=18#>> Acesso em 23 nov. 2010.

IBGE. Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil: 2015 / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais [e] Coordenação de Geografia. – Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 352p. – (Estudos e pesquisas. Informação geográfica, ISSN 1517-1450; n. 10). Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv94254.pdf>> . Acesso: março de 2018.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METODOLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/>>. Acesso em: 09 out. 2018.

JENKIN, Tracy A.; WEBSTER, Jane; MCSHANE, Lindsay (2011). An agenda for 'green' information technology and systems research. *Information and Organization* 21 17–40.

KEBREAB, Ermias. Sustainable Animal Agriculture / edited by Ermias Kebreab. Croydon: CPI Group (UK) Ltd., 2013.

LEONARD, Annie. A História das Coisas: da natureza ao lixo, o que acontece com tudo que consumimos. Rio de Janeiro: Zahar, 2011.

MACHADO, Gleysson. Resíduos Orgânicos – Biodigestor, Compostagem ou Incinerador. 2013. Disponível em: <http://www.portalresiduossolidos.com/residuos-organicos-biodigestor-compostagem-ou-incinerador/>

MANZINI, E. Design para a inovação social e sustentabilidade. Comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais. [coord. De tradução. Carla Cipolla; equipe Elisa Spampinato, Aline Lys Silva. Rio de Janeiro: E-papers, 2008. Cadernos do Grupo de Altos Estudos da CAPES.

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

MERONEN, Teemu. Environmental sustainability through digitalization in finnish public and private sector organizations. Aalto University School of Science. Degree Programme in Information Networks, Master'S Thesis, Helsinki, 22.11.2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Efeito Estufa e Aquecimento Global. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/informma/item/195-efeito-estufa-e-aquecimento-global>> Acesso em: 20/12/2017

\_\_\_\_\_. Proteção da Camada de Ozônio. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/perguntasfrequentes?catid=14>> Acesso em: 20/12/2017

NES, Nicole van; CRAMER, Jacqueline. Product lifetime optimization: a challenging strategy towards more sustainable consumption patterns. *Journal of Cleaner Production* v. 14, n. p. 1307-1318, 2005. Disponível em: <[http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws\\_home/30440/description#description](http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/30440/description#description)> Acesso em: 10 jun 2018.

OERS, L. Van; KLEIJN, R.; VOET, E. Van der. Dematerialization for urban waste reduction: effectiveness and side-effects. Centre of Environmental Science, Leiden University. Leiden, 2002.

OLIVEIRA, Fernando Alvarus; CAMPOS, Jorge Lucio. O design responsável de Victor Papanek. *Agitrop*, Campinas, v. 46, n. 4, p. 1-2, 2007. Disponível em: <[http://www.agitprop.com.br/index.cfm?pag=ensaios\\_det&id=103&titulo](http://www.agitprop.com.br/index.cfm?pag=ensaios_det&id=103&titulo)>. Acesso em: 09 out. 2018.

PAPANEK, Victor. *Arquitetura e design: ecologia e ética*. Lisboa: Edições 70, 1995.

POULIKIDOU et al. A material selection approach to evaluate material substitution for minimizing the life cycle environmental impact of vehicles. In: *Materials & Design*; 83 (2015) p. 704–712.

SANTOS, Aguinaldo. Níveis de maturidade do design sustentável na dimensão ambiental. In: *escola de design - UEMG. (org.)*. Caderno de estudos avançados em design. 1 ed. Belo Horizonte: Santa Clara, 2009, v. 3.

\_\_\_\_\_. *Otimização do Ciclo de Vida. Série Design Sustentável*. Curitiba: 2009.

TANG Ping, ZHAO Youcai, XIA Fengyi. Thermal behaviors and heavy metal vaporization of phosphatized tannery sludge in incineration process. *Journal of Environmental Sciences*. 20(9), pp.1146-1152, 2008.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP). *Human development: definitions, critiques, and related concepts*. Human Development Reports Research Paper 01, 2010.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). *Product-service systems and sustainability: opportunities for sustainable solutions*. Division of Technology Industry and Economics – Production and Consumption Branch, 2002.

USP. *Poluição Atmosférica e Chuva Ácida*. Disponível em: <[http://www.usp.br/gambiental/chuva\\_acidafont.html](http://www.usp.br/gambiental/chuva_acidafont.html)> Acesso em: 20/12/2017.

VASQUEZ, Rosana A. *Design, posse e uso compartilhado*. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo: Tese de Doutorado, 2015..

VEZZOLI, Carlo. *System design for sustainability: theory, methods and tools for a sustainable "satisfaction system" design*. Milano: Maggioli Editore, 2007.

\_\_\_\_\_. *Design de Sistemas para a Sustentabilidade*. Salvador: EDUFBA, 2010.

WEIZSACKER, Ernst Von; LOVINS, Amory; LOVINS, L. Hunter. *Factor four: doubling*

wealth - halving resource use, Earthscan Publications Ltd., London: 1997 (11995).

WOOLEY, Martin. Choreographing obsolescence – Ecodesign: the pleasure/dissatisfaction cycle. In: Conference on Designing pleasurable products and interfaces, 2003, Pennsylvania, USA.

ZERO EMISSIONS RESEARCH INITIATIVE – ZERI. United Nations University – UNU, 1994. Disponível em <<http://www.zeri.org/>> Acesso em: 03 out 2018.

## 3// IMPLANTAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA DIMENSÃO AMBIENTAL DO DESIGN PARA A SUSTENTABILIDADE

### 3.1 Visão geral

Neste capítulo serão apresentados e discutidos cinco níveis principais de estratégias que o design pode utilizar, com níveis progressivos de impacto ambiental e demanda de alteração na mudança de hábitos e comportamentos de consumidores.

Estes níveis iniciam com a busca por melhoria dos fluxos de produção e consumo por meio das tecnologias *end of pipe*, de Prevenção da Poluição (PP) e da Ecologia Industrial e do consumo sustentável; passam pelo foco nos produtos, seja pelo redesign ambiental ou pelo design de produtos inteiramente novos; chegam aos sistemas produto-serviço, com ênfase na desmaterialização, e por fim aos novos cenários de consumo suficiente, com a proposição de novos estilos de vida com forte apelo de sustentabilidade.

A apresentação segundo a lógica de “níveis” não significa que estas estratégias devem necessariamente seguir uma progressão ascendente, nem tão pouco coloca os primeiros níveis como menos significantes para o alcance de padrões de consumo e produção verdadeiramente mais sustentáveis sob a perspectiva ambiental.

O contexto de um dado problema no mundo real é que vai ditar qual nível é o mais pertinente. Esta escolha depende, dentre outros fatores, do estado de organização da cadeia produtiva, da existência de leis e regulamentos efetivos e da disposição do consumidor em mudar.

#### 3.1.1 Nível 1: Melhoria ambiental dos fluxos de produção e consumo

A realidade ambiental gerou a necessidade da criação das denominadas tecnologias limpas, que objetivam propor novos parâmetros para os fluxos de produção e consumo, em que impactos ambientais gerados ao longo de todo ciclo de vida do produto sejam minimizados. As atuais tecnologias de despoluição atuam de forma

remediadora, ou seja, *end-of-pipe solutions* (PEREIRA et al., 2005).

Estas tecnologias não são tão eficientes quanto necessário; o simples fato de agir depois da geração de resíduos implica em grandes esforços financeiros e soluções pouco eficientes de remediação. O tratamento destes resíduos absorve novos recursos e energia, gerando novos resíduos que também precisam de tratamento. Quando há falhas, há também contaminação crônica ou aguda, resultando em desastres ambientais. (TEIXEIRA, 2005, p. 10).

Em contraponto ao paradigma atual de produção e consumo, as tecnologias limpas possuem a finalidade de diminuir o impacto ambiental de todas as etapas do ciclo de vida do produto. A filosofia básica é a prevenção da poluição, e não a sua remediação. A **Figura 13** ilustra as três etapas de tecnologias industriais para a diminuição do impacto resultante de produtos.



**Figura 13.** Evolução tecnológica da prevenção da poluição

Fonte: Teixeira (2005).

Segundo Teixeira (2008), o **nível 01** engloba não somente as tecnologias *end-of-pipe*, mas também o conhecimento para a extração de matéria-prima e recursos energéticos, entretanto sem a devida eficiência.

O **nível 02** possui técnicas que interferem numa cadeia ou processo produtivo, objetivando pontuar ineficiências para a correção e diminuição do impacto ambiental. O principal problema desse conceito em termos ecossistêmicos é que não é levado em conta o produto em si, isto é, a fase do design.

O **nível 03** abrange as tecnologias anteriores e adicionalmente

as técnicas de projeto para um produto ecoeficiente abarcando a gestão de ciclo de vida e novos padrões de consumo; os conceitos de Ecologia Industrial e Produção mais Limpa (P+L) buscam concretizar as metas pontuadas nesse nível.

### 3.1.1.1 Ecologia industrial (EI)

A EI possui base conceitual no ciclo de vida natural, que funciona de modo circular, sem lixos nem consumo de recursos passíveis de serem renaturalizados. A EI possui estratégia integradora dos processos industriais e sua inserção no ecossistema. Seus objetivos são baseados em três pilares: o uso sustentável de recursos; a preservação ambiental; e a promoção de equidade intergeracional (PEREIRA et al., 2005). De forma prática, a EI aborda a relação entre natureza e indústria visando a minimização dos impactos ambientais. Alguns conceitos trabalhados em EI são ecoeficiência, circulação de recursos, ecodesign e análise de ciclo de vida (ACV).

O artigo de Robert Frosch e Nicholas Gallopoulos publicado em 1989 na revista *Scientific American* intitulado “Estratégias de Manufatura”, é o marco para a construção do conceito de EI:

*Um ecossistema industrial é a transformação do modelo tradicional de atividade industrial, no qual cada fábrica, individualmente, demanda matérias-primas e gera produtos a serem vendidos e resíduos a serem depositados, para um sistema mais integrado, no qual o consumo de energia e materiais é otimizado e os efluentes de um processo servem como matéria-prima de outro (FROSCH; GALLOPOULOS, 1989 apud PEREIRA et al., 2005, p. 2).*

Teixeira apresentou conceito contemporâneo para EI:

*(...) as pesquisas vão ao encontro da otimização do ciclo material, indo da matéria prima virgem, passando pelo material processado industrialmente, pela transformação de materiais em componentes e produtos industrializados, pela obsolescência dos produtos e finalizando pela disposição final de materiais na forma de produtos descartados. Os fatores de otimização incluem fontes de matéria-prima, energia e capital (TEIXEIRA, 2005, p. 11).*

### 3.1.1.2 Produção mais Limpa (P+L)

Com o objetivo de aumentar a eficiência de uso de recursos e energia, e a não geração, minimização ou reciclagem dos resíduos, foi criada a estratégia P+L, que integra os sistemas de produção e produto, gerando benefícios ambientais e econômicos para os processos produtivos (PEREIRA et al., 2005). Um dos componentes mais importantes da P+L são as estratégias de design chamadas DfX, voltadas aos diversos aspectos do produto que influenciam o desempenho ambiental (**Quadro 6**).

## 3.1.2 Nível 2: Redesign ambiental do produto

### 3.1.2.1 Definição

Mediante a consideração do ciclo de vida do produto, o redesign ambiental de produtos preexistentes consiste em buscar melhorias de eficiência ambiental (redução no consumo de recursos, incluindo materiais e energia, redução no uso de substâncias tóxicas, facilidade de reciclagem e reutilização). São escolhas de caráter eminentemente técnico, não sugerindo mudanças nos estilos de vida e consumo dos usuários, mas limitando-se a oferecer escolhas ambientalmente melhores entre as existentes (MANZINI; VEZZOLI, 2005). O redesign ambiental apresenta-se ainda como uma forma de se enfrentar os problemas causados pela obsolescência planejada (ASSUMPÇÃO, 2005).

O redesign de um produto tendo por norteador a questão ambiental, também chamado de **Ecodesign** ou **Design para o Meio Ambiente** (*Design for Environment, ou DfE*), envolve vários pressupostos básicos, todos interligados e, dependendo do tipo de produto, com variados níveis de importância. Fazer o redesign ambiental de um produto não é o mesmo que fazer o redesign estético-formal deste, ou mesmo, fazer o redesign devido a questões inerentes ao mercado consumidor ou balança comercial de exportações/importações.

### 3.1.2.2 Desafios

Do ponto de vista ambiental, o redesign influencia ou será influenciado pelos seguintes fatores básicos:

- Técnicas e procedimentos de fabricação e questões relacionadas à produtividade do produto;
- Mercado internacional, especificamente de oferta e procura, e

**Quadro 6.** As estratégias de Dfx aplicáveis ao produto.

Fonte: Elaborado com base em Junior (2003) e complementado com Lima e Filho (2002), Souza (2002), Souza & Pereira (2003), Graedel e Allenby (1995), Manzini (2002).

Df	X	DIRIGIDO A:
A	ASSEMBLY (montagem)	Facilitar a montagem, evitar erros de montagem, projetar peças multifuncionais, etc.
C	COMPLIANCE (conformidade)	Cumprir as normas necessárias para a manufatura e uso, como por exemplo a quantidade de substâncias tóxicas ou a biodegradabilidade.
D	DISASSEMBLY (desmontagem)	Possibilitar e facilitar a desmontagem do produto, facilitar a remoção e separação de peças, prever produtos modulados com partes de fácil desencaixe.
E	ENVIRONMENT (ambiente) ou Ecodesign	Diminuir as emissões e os resíduos do produto desde a sua fabricação até seu descarte, planejando todo o ciclo de vida do produto.
L	LOGISTIC (logística)	Facilitar o transporte e armazenamento por meio do gerenciamento direto e reverso de materiais; minimizar embalagens.
M	MANUFACTURABILITY (processabilidade)	Integrar o design do produto com os processos de fabricação, como processamento e montagem.
O	ORDERABILITY (ordenamento)	Integrar o design no processo de manufatura e distribuição de forma a satisfazer as expectativas do consumidor.
R (1)	RELIABILITY (resistência)	Atender condições de operação em condições de ambiente agressivo, como meios corrosivos ou de descarga eletrostática.
R (2)	RECYCLING (reciclagem)	Permitir que partes dos produtos possam ser identificadas, separadas, recuperadas, reusadas; determinar o

sanções ambientais próprias de cada país que afetam exportações e importações;

- Diferenças significativas de preço das matérias-primas virgens, recicladas ou mistas, além das proteções legais de registro (patentes);
- Questões estético-formais que influenciam a atratividade e consequentemente aceitação no mercado de determinados materiais (com destaque aos compósitos biodegradáveis);
- Normalizações de segurança e conforto de uso, e indicativos ainda não totalmente confiáveis de emissões e toxicidade de alguns materiais; (6) políticas ambientais em curso ou em desenvolvimento.

Desse modo, fazer o redesign ambiental de um produto exige uma amplo conhecimento e ação interdisciplinar. Reprojetar um produto com ênfase na sustentabilidade ambiental requer adentrar em ramos do conhecimento que nem sempre são sólidos, onde a confiabilidade experimental advinda de estudos científicos e laboratoriais, com características e propriedades testadas em muitos estudos de casos é compartilhada com muitas outras originadas de estudos iniciais, dados empíricos e experimentos baseados em técnicas de tentativa e erro.

Conforme a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Natural (Rio + 20), o ato de projetar representa uma das soluções para os problemas ambientais deste século, e por isso está sofrendo profundas mudanças de paradigma. Conforme Gomes (2011), Baxter (1998) apresentou, talvez pela primeira vez, referências importantes sobre a questão ambiental no âmbito do projeto em design.

Antes, as referências à questão ambiental no ato do projeto ficavam restritas a fase de pós-projeto, com previsões a respeito das partes do produto que poderiam ser recicladas quando do final de sua vida útil. Conforme Gomes (idem) nas fases iniciais, alguns projetistas consideravam fatores como redução de componentes, energia necessária ou emprego de materiais mais amigáveis do ponto de vista ambiental; contudo sem aprofundamento. Atualmente os estudos tendem a incluir a questão da sustentabilidade desde as fases iniciais do projeto, demonstrando que os fatores ecológicos passaram a fazer parte dos requisitos básicos (**Figura 13**).

A abordagem mudou de posicionamento, migrando das fases finais de projeto para o início. Cabe ressaltar que isso somente foi possível pela mudança no modo como se processa a questão metodológica no projeto, alterando-se de um modelo linear, tradicional e “fechado”;

**Figura 13.** O conjunto de aspectos influenciadores do redesign ambiental.



ou seja, onde a sequência preestabelecida não permite que se retome decisões já tomadas em determinada fase do projeto (como no caso dos modelos *stage to gate*), para um modelo circular, inovador e aberto, onde eventuais decisões são constantemente revistas e sujeitas a alterações. São os chamados “métodos abertos”.

O redesign ambiental pode ser conduzido com base em três percursos principais:

- **Eficiência**, buscando por meio da tecnologia tornar os produtos ambientalmente mais limpos e recicláveis (Ex.: uso de papel reciclado em vez de virgem em impressos) no contexto de tecnociclos, ou seja, ciclos autônomos em relação aos ciclos naturais, buscando a mínima interferência nestes últimos, e com forte ênfase no papel da tecnologia;
- **Suficiência**, ou seja, buscando tornar produtos mais biológicos e biodegradáveis (ex.: polímeros verdes ou uso de materiais compostáveis em embalagens) para que se integrem com os ciclos naturais, ou biociclos;
- **Eficácia**, com forte ênfase na redução da intensidade material dos produtos existentes, por meio da desmaterialização combinada com maior conteúdo de conhecimento e informação nos produtos (Ex.: uso de infláveis em vez de espuma e madeira em estruturas de móveis).

Assim, as principais estratégias utilizadas no redesign ambiental incluem:

- A redução na quantidade e variedade de materiais;
- A substituição de materiais, a redução na quantidade de componentes;
- O uso de dispositivos mecânicos e elétricos mais eficientes;
- A eliminação ou redução na quantidade de embalagem do produto;
- O uso de materiais que eliminam ou reduzem a necessidade de limpeza ou manutenção, entre outras.

Neste sentido, percebe-se que a seleção e especificação correta de materiais assume, no caso do redesign, importância significativa para um melhor desempenho ambiental do produto.

### 3.1.3 Nível 3: Projeto de novo produto intrinsecamente mais sustentável

#### 3.1.3.1 Definição

Diferentemente do redesign de produto existente com foco no aumento da ecoeficiência, este terceiro nível de intervenção implica em considerar as questões de sustentabilidade, e nesse caso aquelas de caráter ambiental, desde a concepção de um novo produto. Mais do que melhorar aspectos ambientais específicos de um produto, trata-se de projetar de forma integral ciclos de vida ambientalmente mais adequados para os produtos, considerando desde a pré-produção até o descarte, mas sem que isso implique, necessariamente, na concepção de serviços integrados a eles.

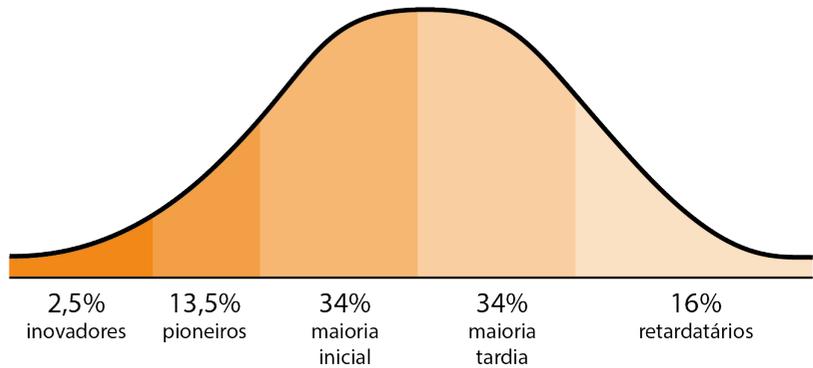
Assim, embora tenha um potencial de sustentabilidade maior do que o redesign ambiental, é ainda uma abordagem com limitado alcance de sustentabilidade, pois não prioriza questões como a intensificação de uso e a desmaterialização de forma sistêmica, que são consideradas no próximo nível (sistemas produto-serviço, ou PSS). Apesar disso, o projeto de produtos intrinsecamente mais sustentáveis é uma condição necessária e integrante no desenvolvimento de PSS.

#### 3.1.3.2 Desafios

Conforme Manzini e Vezzoli (2005), um dos maiores desafios ao se desenvolver produtos intrinsecamente sustentáveis é a dificuldade de fazer com que eles sejam aceitos em contextos socioculturais nos quais predominam expectativas e valores já arraigados, sejam eles de caráter cultural, econômico, ético ou estético. Esse é um aspecto que difere o nível do redesign ambiental, o qual não implica

**Figura 14.** Curva de difusão de inovação (ROGERS, 1962).

Fonte: Adaptado de <http://sphweb.bumc.bu.edu/otlt/MPH-Modules/SB/BehavioralChangeTheories/BehavioralChangeTheories4.html>



necessariamente em mudanças de comportamento dos usuários.

Por esse motivo, muitas vezes as empresas acabam direcionando esse tipo de produto inicialmente a nichos de mercado com maior sensibilidade e potencial de aceitação para as questões de sustentabilidade, para só depois ser aceito por grupos de consumidores mais conservadores. Considerando a forma como as inovações são adotadas pelos usuários proposta por Rogers (1962), estas faixas iniciais de consumidores correspondem a dois grupos principais, denominados inovadores (cerca de 2,5% dos consumidores) e pioneiros (ou *early adopters*, cerca de 13,5% dos consumidores) (Figura 14).

Enquanto os inovadores desejam ser os primeiros a adotar as novidades com seus eventuais riscos e estão dispostos a pagar por isso, os pioneiros são formadores de opinião que desejam mudanças, e que, portanto, necessitam receber informação apropriada sobre como utilizar ou consumir as inovações. Há então um terceiro grupo de consumidores a ser conquistado, que adotam as novidades desde que tenham evidências suficientes de que elas funcionam de forma satisfatória, ou seja, necessitam de histórias de sucesso vindas dos inovadores e pioneiros.

As oportunidades de inovação podem emergir de diferentes origens, seja a partir de novas tendências tecnológicas (por exemplo, a impressão 3D) quanto de novos comportamentos emergentes (como o encapsulamento pela falta de segurança), ou mesmo de restrições econômicas como o esgotamento de determinados recursos naturais (como o minimalismo), entre outros fatores de mudança.

Assim como no redesign, no nível de desenvolvimento de novos produtos a ênfase também é dada ao ciclo de vida do produto, em termos de três percursos possíveis: eficiência, suficiência e eficácia.

O conceito que integra esses três possíveis caminhos é o de **ciclo de vida**, pois em qualquer uma dessas direções será preciso conceber o produto considerando-se seus fluxos de matéria, energia e emissões em pelo menos cinco etapas principais: 1) pré-produção (extração de recursos); 2) produção (fabricação do produto); 3) distribuição (proteção, movimentação e estocagem, que ocorrem em vários momentos do ciclo de vida); 4) uso ou consumo (pelo consumidor, podendo envolver serviços adicionais); e 5) descarte (eliminação do produto ao final da vida útil).

Essa concepção de um novo produto a partir de critérios ambientais denomina-se **design do ciclo de vida** (ou *life cycle design*), e ocorre posteriormente à definição da estratégia de sustentabilidade (integrada à estratégia de design, que inclui os objetivos e requisitos de design) por parte da empresa e da equipe de design. Portanto, o design do ciclo de vida deve integrar-se ao processo de design utilizado pela organização, para que tenha maior efetividade, o que não significa que os aspectos ambientais não possam também servir de ponto de partida para novos conceitos de produtos.

O design do ciclo de vida implica utilização de **cinco estratégias** principais, as mesmas que se aplicam ao redesign ambiental, e que já foram exploradas em detalhe no capítulo 2: 1) minimização no uso de recursos; 2) uso de recursos de baixo impacto; 3) otimização da vida dos produtos; 4) extensão da vida dos materiais; e 5) facilidade de desmontagem. Cada uma dessas estratégias é viabilizada por meio de um conjunto de linhas-guia (ou heurísticas) próprias, também vistas anteriormente.

### *3.1.3.3 Projeto de novo produto intrinsecamente mais sustentável no contexto de PSS*

No contexto de PSS, o projeto do produto poderá ser conduzido com diferentes, ênfases dependendo do tipo de PSS, seja ele orientado ao produto, ao uso ou ao resultado.

No primeiro caso, em que o usuário adquire e é responsável pelo artigo, deverão ser considerados principalmente aspectos como montagem/desmontagem, upgrade, manutenção, reuso e

reciclagem, entre outros (ênfase na interação usuário-produto).

No segundo caso, em que a empresa tem a posse do produto, mas o usuário o utiliza, deve-se considerar no projeto principalmente os aspectos de troca, locação, upgrade, remanufatura, coleta, destinação final e transporte, entre outros, buscando facilitar a interação usuário-produto-empresa.

No terceiro, em que a empresa possui e utiliza o produto, entregando ao usuário apenas o resultado ou benefício final, a ênfase no design produto é semelhante à do caso anterior, mas considerando principalmente a operação interna do negócio (produto-empresa), feita pela empresa e seus colaboradores.

### 3.1.4 Nível 4: Projeto e implementação de sistemas produto + serviço (PSS)

#### 3.1.4.1 Definição

Esse nível trata do projeto e da implementação de composições de produtos e serviços integrados, visando prover de forma compreensiva e sistêmica a satisfação de usuários e organizações, contribuindo de para alcançar o desenvolvimento sustentável na dimensão social, econômica e ambiental. O modelo de oferta de PSS configura-se como alternativa para modelos de consumo e produção centrados na mera aquisição de artefatos físicos, desprovidos de efetiva gestão do ciclo de vida destes.

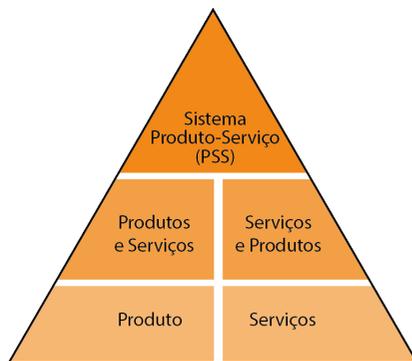
A adoção de PSS implica uma reestruturação técnico-produtiva, além de demandar mudanças nos hábitos e comportamentos do consumidor. Sua adoção pode resultar em redução drástica do impacto do consumo e da produção no meio ambiente ao criar condições para a maior ecoeficiência dos produtos e serviços. Como o produto pode tornar-se fator de custo ou de lucro para quem o faz, há o estímulo à adoção de produtos mais duráveis e que permitam serviços de reparo com menor demanda de recursos.

A emissão de resíduos pode ser otimizada com maior controle e processamento se comparada ao nível doméstico devido ao envolvimento do produtor, com maior competência técnica para realizar serviços de upgrade, manutenção e substituição, ou mesmo o encaminhamento para reciclagem (MANZINI; VEZZOLI, 2002).

Halen, Vezzoli e Wimmer (2005) argumentam que produtos e

serviços sempre estiveram interconectados, pois o fornecimento destes últimos, via de regra, envolve um número tangível de elementos e, similarmente, o fornecimento de produtos compreende uma rede de produção e distribuição incluindo muitos serviços. A atenção a essa relação tem aumentado com as pressões ambientais, resultando no crescimento e no deslocamento da economia baseada na aquisição para uma baseada na utilização.

Nesse contexto, conforme Baines et al. (2007), as soluções do tipo PSS oferecem a possibilidade de se quebrar a relação entre valor oferecido ao cliente/usuário e a quantidade física de materiais necessários para criar esse valor. Para alcançar esse resultado, uma das mudanças de paradigma subjacentes ao conceito de PSS é a busca pelo efetivo projeto “integrado” de produtos e serviços, considerando um impacto ampliado no ciclo de vida e revisão sistêmica dos fluxos e interações entre stakeholders (**Figura 15**).



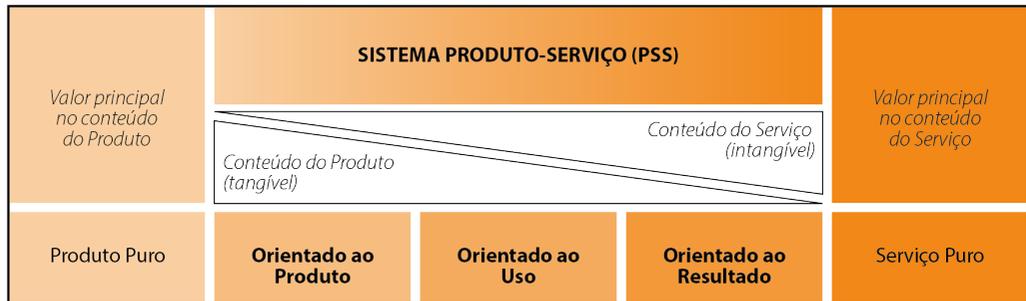
**Figura 15.** Da oferta isolada de produtos e serviços à integração de sistemas

Fonte: Adaptado de Baines et al. (2007, p. 1546). produto+serviço.

#### 3.1.4.2 Tipos de PSS

A composição de produtos e serviços faz parte de um *continuum* que vai da oferta de “produtos puros”, sem a oferta de serviços associados a eles, até serviços puros, nos quais não há a presença de artefatos físicos concebidos para lhes prover suporte. Conforme mostra a **Figura 16**, as variações de PSS mais convencionalmente conhecidas são:

- **Sistema produto + serviço orientado ao produto:** sistemas em que o usuário adquire o produto, mantém sua propriedade, sendo ofertados serviços que apoiam as várias etapas de seu ciclo de vida (montagem, upgrade, manutenção, reciclagem, reúso etc.).



**Figura 16.** O espectro de possibilidades no mix de produtos e serviços

Fonte: Adaptado de Tukker (2004, p. 248).

- **Sistema produto + serviço orientado ao uso:** sistemas nos quais o usuário tem acesso à utilização de um artefato físico, não tendo sua propriedade. Portanto, o modelo de negócio não está voltado para a venda de produtos, e sim a oferta do uso, estando o prestador do serviço responsável pelas atividades que garantam a performance adequada do uso desses artefatos físicos (por exemplo, troca, locação, upgrade, remanufatura, coleta, destinação final, etc.) (BAINES et al., 2007).
- **Sistema produto + serviço orientado ao resultado:** sistemas em que a oferta é essencialmente orientada para a garantia da satisfação do usuário/cliente, sem que este necessite manusear ou ter a propriedade sobre os artefatos físicos.

Em face das características do PSS, sua oferta cria condições para melhor e mais eficaz envolvimento de empresas de manufatura e provedores de serviços na busca pelo melhor desempenho ambiental.

O rearranjo do ecossistema frequentemente demandado para a implementação do PSS possibilita os estímulos econômicos para: extensão do ciclo de vida de produtos por meio de serviços como manutenção, reforma, reúso, ou mesmo pela redução da obsolescência estética/tecnológica; a extensão da vida dos materiais por meio de reciclagem, reúso, compostagem e combustão; e redução do consumo de energia e materiais pela maior eficiência de utilização destes diante da integração entre clientes/usuários.

De fato, dentro de um modelo de negócio associado ao PSS, quanto mais longo o ciclo de vida de produtos, melhor o benefício econômico para as organizações e os usuários envolvidos com a postergação do descarte e a redução da demanda por recursos para produção e distribuição.

Similarmente, quanto maior for a intensidade de usuários de determinado produto, maior os benefícios econômicos para o

provedor do PSS e, ao mesmo tempo, menor a demanda para a produção de novos itens. Além disso, a redução de elementos atóxicos ou não biocompatíveis permite a redução dos custos associados aos serviços de tratamento e mitigação dos danos causados por esses materiais, postura que pode ser melhor estimulada no ambiente de um PSS devido aos interesses econômicos do produtor com o ciclo de vida do produto.

### 3.1.4.3 Desafios

No caso de empresas de base manufatureira, a concepção de novos sistemas produto-serviço requer, de maneira geral, profunda mudança cultural/comportamental dos consumidores e alterações drásticas no modelo de negócio. Para tanto, repercutem desde o planejamento estratégico da organização, considerando as novas relações com o consumidor final e com os stakeholders ao longo da cadeia produtiva.

### 3.1.5 Nível 5: implementação de novos cenários de consumo “suficiente”

#### 3.1.5.1 Definição

Aqui passamos para a esfera sociocultural (SANTOS, 2009) e as intervenções, agora tendo como objetivo promover novos critérios qualitativos relacionados à percepção de satisfação para, então, modificar a estrutura de oferta e demanda rumo ao “consumo suficiente”. Isso implica não apenas a revisão de atributos de satisfação, mas também de “estilo de vida e hábitos de consumo, buscando aproximar o consumo das necessidades reais de cada indivíduo e dos limites de resiliência do planeta” (SANTOS, 2009, p. 22; SANTOS et al., 2016).

Para explicar o conceito de “suficiência” e sua implicação para o design para a sustentabilidade, Manzini e Vezzoli (2008) esclarecem que soluções efetivamente sustentáveis necessitam de mudança tanto tecnológica quanto cultural. As mudanças técnicas/tecnológicas inserem-se no âmbito da **eficiência**, focando em solucionar questões do tipo “como” – por exemplo,

#### **“como tornar mais sustentáveis os produtos já existentes?”**

Já as mudanças culturais situam-se no nível da **suficiência** e introduzem questões do tipo “por quê”:

#### **“por que necessitamos desses produtos?”**

De maneira geral, os três primeiros níveis têm como foco a eficiência, enquanto no quinto nível, do consumo suficiente, a própria necessidade de um produto é colocada em questão. Mas, como apontam os autores supracitados, mudanças tecnológicas e culturais devem ser combinadas para a construção de cenários sustentáveis. Desse modo, o equilíbrio entre eficiência e suficiência levaria à **eficácia** dos sistemas, com questionamentos do tipo “o quê”:

**“o que poderia ser produzido e consumido para aumentar o bem-estar e, ao mesmo tempo, reduzir o consumo?”**

### *3.1.5.2 Desafios*

Segundo a perspectiva anterior, não basta a introdução de soluções técnicas eficientes se não houver mudanças culturais rumo ao consumo suficiente e a estilos de vida mais sustentáveis. Por outro lado, essas novas dinâmicas culturais, se não forem acompanhadas de inovações técnicas, terão seu alcance limitado. É necessário, portanto, um equilíbrio entre a oferta (de produtos/serviços mais sustentáveis) e a demanda (por esses produtos/serviços).

Contudo, as mudanças culturais são mais difíceis de serem introduzidas do que as técnicas, pois implicam alterações profundas na dinâmica das estruturas sociais, envolvendo a promoção de valores disruptivos (MARTINS, 2008; SANTOS, 2009; SANTOS et al., 2016). Para que sejam bem-sucedidos os cenários propostos, portanto, estes devem ser economicamente viáveis, socialmente aceitáveis e culturalmente atrativos (VEZZOLI; MANZINI, 2008).

Um desafio do nível 5 que merece especial atenção é a percepção de muitas pessoas de que “o aumento na qualidade de vida implica necessariamente em aumento da renda e aumento no uso de recursos naturais e tecnologia” (SANTOS, 2009, p. 22). Cabe destacar que, para algumas pessoas, especialmente em países subdesenvolvidos, há de fato a necessidade de aumento do consumo para se atingir qualidade de vida.

O que deve mudar, portanto, é a percepção de quanto consumo é, de fato, necessário para satisfazer as necessidades físicas e estético-simbólicas dos indivíduos. Mas deve mudar, também, a percepção de qualidade de vida, tão atrelada hoje aos bens materiais.

Para finalizar esta seção, julga-se necessário salientar o lugar do

design nesses novos cenários. Primeiramente, deve-se reconhecer que o conceito de consumo suficiente coloca em xeque o atual entendimento do que é design e do escopo de atuação dos designers (SANTOS, 2009).

O design, por conseguinte, deve se reinventar. Em segundo lugar, embora os profissionais dessa área exerçam importante papel na promoção de novos cenários de consumo suficiente, seu alcance é limitado (MANZINI; VEZZOLI, 2008). O designer pode participar como líder ou como suporte técnico, como profissional ou cidadão (SANTOS, 2009). Contudo, independentemente do papel escolhido de acordo com o perfil de cada profissional, os designers devem atuar em colaboração com outros atores sociais, exercendo suas competências dialógicas e interdisciplinares para participar da promoção de mudanças.

### **3.2 O papel dos stakeholders e estratégias associadas**

A eliminação ou mitigação dos impactos ambientais demanda da sociedade posturas proativas, transcendendo muitas vezes os limites das organizações e exigindo articulação e integração das ações. A formulação e implementação de políticas pautadas pela causa ambiental em todos os níveis da sociedade é uma necessidade basilar posto que determina a direção de estratégias, programas, projetos e ações.

É importante compreender que todas as organizações e comunidades podem realizar contribuição para a mitigação ou eliminação do impacto ambiental decorrente do consumo. Trata-se de um processo de longo prazo de aprendizado coletivo da sociedade, exigindo constância de propósito e pensamento estratégico, pois as barreiras e desafios ocorrem na mesma proporção da dimensão dos impactos ambientais na atualidade.

#### **3.2.1 Empresas (normas ambientais, gestão ambiental etc.)**

##### *3.2.1.1 Estágios de maturidade das organizações*

A definição das estratégias de integração da dimensão ambiental em organizações depende de seu estágio de maturidade. De maneira geral, esses estágios podem ser descritos como:

- **Estágio 1** – Inatividade: neste estágio, a organização revela absoluta ausência de práticas desenvolvidas em prol do meio ambiente, bem como denota ausência de conhecimento acerca dos problemas

ambientais associados ao seu negócio.

- **Estágio 2** – Consciência: aqui, a organização inicia sua jornada de aprendizado, tomando contato e absorvendo conhecimento acerca das implicações ambientais de seu negócio e/ou da cadeia produtiva associada a ele.
- **Estágio 3** – Experimentação reativa: a demanda por soluções ambientalmente melhores é tratada neste estágio por práticas de maquiagem verde, nem sempre entendidas como tal pela própria organização.
- **Estágio 4** – Experimentação proativa: caracteriza-se pela integração de práticas ambientais isoladas em itens do portfólio de produtos e serviços ou em etapas isoladas do processo de negócio, em ações motivadas seja pelo aumento da consciência ambiental na organização, seja por pressões de seus clientes.
- **Estágio 5** – Expansão: motivada pelo impacto no negócio ou pressionada por força de regulamentos e leis, a empresa amplia o número de projetos associados ao meio ambiente, ainda que não coordenados de forma integrada.
- **Estágio 6** – Gestão integrada: todos os aspectos ambientais da organização são coordenados sistematicamente e com estruturas integradas, envolvendo todos os aspectos da organização.
- **Estágio 7** – Atuação ampliada: neste estágio, a empresa passa a atuar de forma proativa para além de seus muros, envolvendo tanto a cadeia produtiva como o próprio cliente, influenciando padrões de produção e consumo além da legislação e de regulamentos associados ao meio ambiente.

Note-se que esses estágios de maturidade da integração da sustentabilidade no âmbito organizacional não têm uma relação direta com o estágio de maturidade da integração do design na organização.

O modelo dinamarquês relativo aos níveis de maturidade do design em organizações (*Danish design ladder*) propõe que esses níveis sejam estágio 1, quando não há atividade de design; estágio 2, em que o design é utilizado meramente como styling; estágio 3, no qual o design passa ser organizado como um processo; e estágio 4, quando o design é integrado efetivamente na estratégia da organização (NAE, 2003, 2007).

É possível, portanto, uma empresa ter elevado nível de maturidade em se tratando do design e, ainda assim, não ter absolutamente integrado a sustentabilidade como critério ou princípio de suas práticas de projeto.

### 3.2.1.2 Estratégias de integração ambiental nas organizações

#### 3.2.1.2.1 Estratégias para organizações no estágio de “inatividade”

Neste estágio, não há percepção por parte da organização acerca da existência de problemas ambientais relevantes ao seu negócio e aos stakeholders afetados por ele. Também não há a percepção de implicações econômicas ou sociais decorrentes dos impactos ambientais de seus produtos e serviços. Essa alienação e essa inércia da organização quanto às questões ambientais não só se refletem em ausência de ações mitigadoras como também podem resultar no aumento inadvertido desses impactos.

A cultura organizacional com uma postura cornucopianista é mais provável de acontecer nesse estágio. No cornucopianismo, o planeta Terra é visto como fonte inexaurível de recursos e a tecnologia, como uma panaceia capaz de produzir abundância, mantendo o crescimento exponencial e democratizando o bem-estar.

As ações que um designer pode realizar para organizações nesse estágio de maturidade são voltadas a despertar o interesse em entender o problema. Desenvolver exposições, produzir material audiovisual, realizar ações de marketing de guerrilha voltado às causas ambientais e realizar estudos-piloto para avaliação de ganhos econômicos associados aos ganhos ambientais são exemplos de ações que podem estimular a organização a iniciar uma jornada em direção à sustentabilidade.

#### 3.2.1.2.2 Estratégias para organizações no estágio de “consciência”

A conscientização de funcionários da organização e de stakeholders externos é condição básica para avançar no desenvolvimento e na implementação duradoura de medidas de mitigação ou eliminação do impacto ambiental decorrente do processo de negócio. Alcançar essa conscientização demanda a implementação de práticas que resultem em maior transparência para os colaboradores internos e externos acerca das causas e impactos ambientais associados aos produtos e serviços da empresa. Mecanismos de participação e governança necessitam ser implementados, permitindo que colaboradores internos e externos tenham efetivo espaço para converter sua compreensão do problema em proposições de ações efetivas.

Observa-se que as empresas brasileiras têm se conscientizado

cada vez mais em relação às questões de sustentabilidade. Segundo o Instituto ILOS (2011), 72% das 109 maiores empresas brasileiras desenvolvem ações de redução de impacto ambiental. Essa conscientização reflete-se em atitudes mais conscientes nas atividades do cotidiano, como evitar o uso excessivo do ar-condicionado ou incentivar caronas solidárias e, mais importante, buscar por novas posturas ética na organização que resultem em respeito às leis ambientais.

Nesse estágio, o papel do designer é o de educador ou, alternativamente, de apoiador das iniciativas de educação ambiental na organização. Tal contribuição vai além dos mecanismos formais de educação e inclui intervenção em espaços de trabalho para propiciar aprendizado continuado no conteúdo informacional de embalagens, ou até mesmo na conversão de informações ambientais em formatos adequados aos diversos canais de comunicação e linguagens da empresa.

Aqui, o desafio posto ao profissional é contribuir para que os colaboradores e a direção da organização consigam compreender como a sustentabilidade pode interferir de forma positiva no negócio.

#### 3.2.1.2.3 Estratégias para organizações no estágio “experimentação reativa”

Uma vez consciente acerca do problema ambiental, a empresa pode, eventualmente, seguir para o estágio “reativo”, ou seja, meramente responder na mesma medida das pressões advindas da sociedade ou dos acionistas. Com o advento da internet, clientes e organizações da sociedade civil vêm exigindo cada vez mais responsabilidade das instituições sobre os impactos ambientais derivados de sua atividade.

Como exemplo de prática nesse sentido, a Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa) tem um índice de sustentabilidade empresarial que esclarece aos investidores como têm sido feitas as práticas de desenvolvimento sustentável nas corporações que possuem ações na bolsa. Comportamentos típicos nesse estágio incluem desde a mera cópia de práticas observadas em outras empresas do mesmo setor até a reestruturação da organização, de forma a responder mais agilmente a reclamações da sociedade.

Essa postura reativa tem o risco de resultar em “maquiagem verde”, a qual caracteriza-se fundamentalmente pela integração de

informações acerca dos atributos ambientais dos produtos e serviços da empresa, sem que esses sejam de fato contribuintes para a melhoria do desempenho ambiental.

Práticas dessa **maquiagem verde** incluem: utilização de linguagem *eco-friendly* sem lastro em práticas efetivas; produtos “verdes” associados a processos poluentes; utilização de imagens sugestivas no marketing, de forma a conferir impressões ambientalmente positivas; enfatizar atributos ambientais positivos, mas irrelevantes ao impacto total dos produtos/serviços da organização; declarar-se melhor ambientalmente do que seus concorrentes quando estes são uma referência ambiental ruim; apresentar atributos pouco críveis (por exemplo, cigarro ecológico); uso excessivo de jargões técnicos, reduzindo a possibilidade de verificação e compreensão da informação; endosso aparente por indivíduos ou organizações que não são isentos; e ausência de provas dos argumentos ambientais em prol dos produtos e serviços da organização.

Projetos-piloto são contribuições relevantes do design para empresas nesse nível. Tais projetos tipicamente são centrados em pontos específicos da cadeia de valor da organização, na qual há demandas prioritárias de caráter ambiental, assim como potencial para impacto relevante no desempenho econômico da organização. Apoio no atendimento a regulamentos e legislações são os exemplos mais imediatos de contribuição do design nesse estágio. Da mesma forma, enquadra-se o nivelamento da empresa a práticas ambientais entendidas como prioritárias e qualificadoras da organização em seu mercado. Tais práticas podem ser desde a mera troca das lâmpadas comuns por outras mais eficientes até o desenvolvimento de sistema para gestão dos resíduos.

#### 3.2.1.2.4 Estratégias para organizações no estágio de “experimentação proativa”

Enquanto a experimentação “reativa” busca responder a pressões existentes atualmente, a experimentação “proativa” tem uma característica mais estratégica, com a empresa realizando ações para moldar seu futuro. Como se trata de um comportamento de orientação estratégica, ainda que também por meio de projetos isolados e de menor envergadura, as ações nesse nível são eminentemente pautadas por uma orientação estratégica de longo prazo.

Projetos-piloto que permitam à empresa obter resultado de forma gradual constituem ação típica do profissional designer nesse nível. Tais projetos prescindem de uma compreensão das direções de longo prazo dos requisitos dos mercados alvo da organização, assim como de expectativas quanto a alterações em legislação, tecnologia e infraestrutura, entre outros aspectos do contexto do negócio a longo prazo. Ainda assim, apesar dessa perspectiva de longo prazo, é absolutamente crítica a demonstração de resultados positivos de curto prazo para se garantir o apoio dos acionistas.

Exemplos de projetos-piloto na dimensão ambiental com essa característica incluem: a) conversão de resíduos da empresa em produtos de seu portfólio ou de empresas parceiras; b) substituição de matéria-prima por fontes renováveis locais; c) revisão do design dos produtos existentes para otimização do volume de matéria-prima utilizada; e d) redução ou eliminação das embalagens utilizadas por meio de intervenção no produto ou na própria embalagem.

Claramente, as ações nesse estágio são características das primeiras iniciativas no meio industrial em relação ao meio ambiente, caracterizadas em sistemas de despoluição conhecidos como *end-of-pipe* (fim de tubo). Esses sistemas atuavam (e atuam) não na causa da poluição, mas nos resultados ambientais finais ao final do sistema de produção, pelo tratamento dos resíduos poluentes (ar, lixo, água etc.) (FRONDEL; HORBACH; RENNINGS, 2004).

#### 3.2.1.2.5 Estratégias para organizações no estágio de “expansão”

Impulsionada por projetos-piloto, a organização passa a apoiar um número maior de iniciativas voltadas à causa ambiental. Tipicamente, essa expansão do número de ações não é acompanhada de uma gestão integrada, podendo até não existir sinergia entre tais iniciativas. A implementação de projeto de alteração da matriz de energia da organização voltado para fontes mais renováveis pode não dialogar com iniciativas na mesma organização voltadas à redução e à reciclagem dos resíduos no ambiente da produção (desperdício zero).

Embora esparsos e ainda longe de poderem ser caracterizados como um movimento duradouro na direção de uma organização de baixo carbono em seu processo de negócio, nesse estágio a organização tem uma curva de aprendizado mais rápida. A disseminação de

competências é ampliada e consolidada, e a complexidade dos problemas ambientais passa a exigir da organização colaborações com novos stakeholders.

Os esforços nesse nível, embora possam contemplar o produto final, são frequentemente direcionados à obtenção de uma produção mais limpa (*cleaner production*), que consiste no contínuo redesign de processos industriais para prevenir a poluição e a geração de resíduos (UNEP, 1999). O ponto central dessa abordagem se encontra na escolha de recursos de baixo impacto ambiental, com foco nos materiais e fontes energéticas utilizados na produção.

#### 3.2.1.2.6 Estratégias para organizações no estágio de “gestão integrada”

Nesse estágio, as competências da empresa são organizadas de maneira a se obter um processo sistemático de gestão da sustentabilidade aplicada a produtos e serviços, envolvendo transversalmente as várias funções da instituição. Esse processo pode chegar a integrar a diretoria de gestão ambiental de dada organização ou constituir-se como transversal, cruzando as várias funções da organização.

Nesse processo, os impactos ambientais são sistematicamente monitorados, resultando em requisitos objetivos para produtos e serviços, revisados de forma regular. O ciclo de vida dos produtos passa a ser cotidianamente considerado, sendo tal atividade apoiada por softwares dedicados à aplicação pelo design (como o Simapro).

Tanto nesse estágio de “gestão integrada” como nas iniciativas ambientais dos estágios anteriores de “experimentação” e “expansão”, os esforços podem ser direcionados não somente aos impactos ambientais nos processos de produção e distribuição, mas, muito importante, ao próprio produto final. A ênfase aqui é a obtenção de “produtos limpos”. Já na década de 1960, e com maior ênfase a partir dos anos 1990, observava-se a procura por “produtos limpos”, com a busca por melhoramentos do ponto de vista ambiental através da aplicação de princípios do ecodesign.

Palavras como atoxicidade, reciclabilidade, biodegradabilidade e renovabilidade começaram a fazer parte do repertório das indústrias e dos consumidores, assim como do processo de criação de produtos. A princípio, a aplicação prática desses conceitos foi dificultada devido à falta de uma base de conhecimento consolidada

acerca dos impactos ambientais de materiais e recursos energéticos. Uma cadeira de papelão, por exemplo, pode ser em um dado contexto erroneamente considerada mais “sustentável” do que uma de madeira maciça, por ter maior biodegradabilidade.

Decisões equivocadas podem desconsiderar a unidade de satisfação de um projeto específico e das implicações dessa escolha para o ciclo de vida do produto. Segundo Vezzoli (2007a), o desconhecimento dos impactos no ciclo de vida ainda causa confusões com as interpretações práticas de conceitos como biodegradabilidade e naturalidade dos materiais.

Com a plena integração da sustentabilidade no portfólio de produtos e serviços, esta deixa de ser um elemento periférico para constituir-se como aspecto do planejamento comercial da organização. Essa integração afeta não somente o cotidiano dos colaboradores envolvidos na extração de matéria-prima e na manufatura de produtos e provimento de serviços, mas também nos hábitos e comportamentos de clientes e usuários finais.

A sistematicidade da gestão ambiental permite a definição de metas ambientais, como a redução das emissões de carbono. Essas metas repercutem no perfil de fontes de energia das fontes de matéria-prima, impactando de forma direta no processo de design e no perfil de stakeholders presentes no processo de negócio. Iniciativas como esforços de benchmarking, comparando a empresa com as melhores no setor, podem apoiar a formulação dessas metas.

Assim, posto que há objetivos e um processo sistemático, é possível a implementação de práticas para elaboração de relatórios de impacto ambientais voltados à sua redução/mitigação. Nesse estágio de maturidade, há por parte da organização atenção particular a se evitar a “maquiagem verde”, com mecanismos de auditoria e guias de ética que ajudem a evitar erros inadvertidos de caráter ético.

Abordagens mais compreensivas para redução do impacto ambiental, como os sistemas produto + serviço, parecem ser mais viáveis de efetiva implantação quando a empresa se encontra nesse estágio de maturidade. O design, no contexto de iniciativas para desenvolvimento e implantação de PSS, passa a ser de natureza estratégica e não tem como objetivo a geração de um produto físico necessariamente, mas a criação de sistemas de relações de parcerias que possam satisfazer as mesmas demandas do cliente com menos

impacto ambiental e social.

### 3.2.1.2.7 Estratégias para organizações no estágio de atuação ampliada

Nesse estágio, a organização atravessa seus muros e passa a participar de mudanças mais profundas com stakeholders em seu entorno, que incluem desde comunidades vizinhas até usuários e os próprios concorrentes. Isso inclui a “vizinhança” digital da empresa. Há nesse momento uma melhor compreensão dos limites da organização em mitigar ou eliminar seus problemas ambientais por meio de uma atuação isolada. Assim, sinergias são desenvolvidas com outros stakeholders, resultando em ações colaborativas voltadas ao bem comum. Não se trata, portanto, de meramente atender a regulamentos e legislação em vigor, mas, mais importante, definir o próprio arcabouço das regras que vão reger as práticas de produção e consumo futuras.

A essa altura, a organização pode considerar inclusive atuação no sentido de alterar o foco de produção e consumo eficiente para produção e consumo suficiente, incluindo contribuições na alteração de estilos de vida e na configuração espacial e institucional da sociedade. A atuação do designer nesse contexto é de ordem sistêmica e centrada na proposição e implementação de novos cenários de vida, nos quais o desafio é manter, e mesmo ampliar, a satisfação das pessoas, porém com impacto ambiental drasticamente menor e atenção plena à promoção da equidade e coesão social.

Iniciativas voltadas à garantia da equidade ambiental intergeracional entram no rol de ações contempladas nesse estágio. Proteção de florestas tropicais, por exemplo, muito embora possa estar longe do escopo do negócio da organização, pode ser compreendida como uma contribuição possível da empresa. Com esse propósito, reduzir o consumo de papel ou promover projetos de plantio de árvores ou reflorestamento pode servir como compensação das emissões de carbono e, ao mesmo tempo, trazer uma vantagem competitiva direta para a organização na redução de custos e busca pela fidelização de clientes.

### 3.2.2 Governo (políticas ambientais, programas, projetos etc.)

Governo é a autoridade dirigente de uma nação ou unidade política, que tem como finalidade reger e organizar a sociedade. Para Nogueira (2001, p. 99), governar significa “deter uma posição

de força a partir da qual seja possível desempenhar uma função imediatamente associada ao poder de decidir e implementar decisões ou, ainda, de comandar e mandar nas pessoas”.

Dessa forma, como ação governamental podem ser entendidas as variáveis referentes às mudanças na política pública e na legislação, ocorridas tanto em nível nacional como internacional. A primeira pode provocar alterações na estrutura industrial, como aumento da concorrência, redução da demanda e incentivo fiscal, entre outras oportunidades ou ameaças. As mudanças na legislação ocorrem por força política e podem gerar restrições ou facilitar a implementação de novas empresas, provocar alterações nos processos produtivos, ou mesmo incentivar a melhoria do desempenho dos produtos, induzindo até mudanças de comportamento (LIBRELOTTO, 2005).

Para governar a unidade, criam-se políticas traduzidas em leis e programas que podem coibir ou incentivar atitudes, corroborando ou quebrando padrões preestabelecidos pela sociedade, a fim de proporcionar a governança e por meio da governabilidade.

A **governança** pode ser entendida, segundo Löffler (2001), como uma nova geração de reformas administrativas e de Estado, que têm como objeto a ação conjunta, levada a efeito de forma eficaz, transparente e compartilhada, pelo Estado, pelas empresas e pela sociedade civil, visando uma solução inovadora dos problemas sociais e criando possibilidades e chances de um desenvolvimento futuro sustentável para todos os participantes.

Já a **governabilidade** distingue-se da governança, englobando três aspectos, apresentados por Diniz (1995, p. 394) como as capacidades do governo para: 1) identificar problemas críticos e formular políticas adequadas ao seu enfrentamento; 2) mobilizar os meios e recursos necessários à execução dessas políticas, bem como à sua implementação; e 3) liderar, sem o que as decisões tornam-se inócuas.

Para governar, é necessário que um país crie uma estrutura capaz de formular, implementar e conduzir as políticas relacionadas ao meio ambiente. No Brasil, em 1992, foi criado o Ministério do Meio Ambiente (MMA) para exercer essa função de forma articulada e pactuada com os atores públicos e a sociedade, visando ao desenvolvimento sustentável.

É competência desse ministério formular a política nacional do

meio ambiente e dos recursos hídricos; a política de preservação, conservação e utilização sustentável dos ecossistemas, da biodiversidade e das florestas; propor de estratégias, mecanismos e instrumentos econômicos e sociais para a melhoria da qualidade ambiental e do uso sustentável dos recursos naturais; propor políticas para integração do meio ambiente e produção; as políticas e programas ambientais para a Amazônia Legal; e o zoneamento ecológico-econômico.

Para implementar e estabelecer as políticas, integram a estrutura básica do Ministério do Meio Ambiente o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), o Conselho Nacional da Amazônia Legal (Conaz), o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, o Conselho de Gestão do Patrimônio Genético, o Conselho Deliberativo do Fundo Nacional do Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro, a Comissão de Gestão de Florestas Públicas e a Comissão Nacional de Florestas. Todos estes propõem resoluções no intuito de regular os cuidados necessários à preservação dos recursos naturais brasileiros.

São **princípios básicos das políticas ambientais**: a ubiquidade, o desenvolvimento sustentável, o princípio do poluidor-pagador, a prevenção, a precaução, a função socioambiental da propriedade, a solidariedade intergeracional e o incentivo a participação (IPEA, 2010).

### 3.2.2.1 Contexto histórico

No que se refere à história da temática ambiental, a legislação dessa área se articula com o contexto internacional. Nesse cenário, destaca-se o marco regulatório na legislação brasileira (constituído por leis de referência), entre os seguintes eventos do cenário mundial:

- **1934**: Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934, o Código de Águas – dispõe sobre o uso das águas no Brasil.
- **1937**: Decreto-lei nº 25, de 30 de novembro de 1937, Lei do Patrimônio Cultural – lei que define e regulamenta a proteção aos patrimônios históricos e artísticos do país, assim como os patrimônios naturais com valor baseado em sua história, beleza, representatividade ou relevância ambiental. Também criou o Serviço de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional.
- **1962**: publicação do livro Primavera silenciosa, de Rachel Carson, um alerta sobre o impacto das atividades humanas sobre o meio ambiente.
- **1965**: Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, a Lei das Florestas,

que regulamenta a proteção de áreas florestais e seus arredores, assim como exige a preservação de determinadas áreas do território brasileiro em relação à sua vegetação original, com o intuito de preservar o desmatamento.

- **1967:** Lei nº 5.197, de 15 de janeiro de 1967, a Lei da Fauna Silvestre, que regulamenta as ações do homem e de empresas em relação aos animais silvestres no país, formando leis e tipificando crimes relacionados a eles, em situações que não são previamente autorizadas pelas autoridades nacionais.
- **1972:** publicação de *The limits to growth*, pesquisa encomendada ao Massachusetts Institute of Technology (MIT) pelo Clube de Roma.
- **1972:** realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCHE) em Estocolmo, na Suécia.
- **1977:** Lei nº 6.453, de 17 de outubro de 1977, Lei das Atividades Nucleares – regulamenta as responsabilidades de acidentes e atos de natureza nuclear. É fruto de um contexto global no qual a questão nuclear estava em pauta de maneira muito vigorosa.
- **1979:** Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, Lei do Parcelamento do Solo Urbano – regulamentou a forma de realizar os loteamentos de áreas urbanas, restringindo o abuso em relação ao meio ambiente.
- **1978:** criação do Selo Anjo Azul da Alemanha para rotulagem ambiental de produtos (end-of-pipe).
- **1980:** Lei nº 6.803, de 2 de julho de 1980, Lei de Zoneamento Industrial nas Áreas Críticas de Poluição – concede às unidades federativas e seus municípios a capacidade e o dever de regulamentar a possibilidade de instalação e licenciamento industrial em áreas e padrões ambientais específicos de seu território.
- **1981:** marco regulatório da legislação ambiental no Brasil, quando começa a ser implementada a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981), que tem uma série de instrumentos para o planejamento, a gestão e a fiscalização ambiental; regulamenta a indenização que empresas e pessoas devem ao Estado e aos indivíduos afetados no caso de dano ambiental. Regulamenta, também, o formato da investigação e da acusação desses danos.
- **1983:** Lei nº 7.173, de 14 de dezembro de 1983 – dispõe sobre o estabelecimento e o funcionamento de jardins zoológicos.
- **1987:** publicação do *Our common future*, ou Relatório Brundtland, desenvolvido pela Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas (ONU).
- **1987:** Protocolo de Montreal – proibição do uso de

clorofluorcarbonetos (CFC) e gases do efeito estufa (GEE).

- **1988:** Constituição Federal Brasileira – traz uma previsão, como base de todo esse sistema de garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado, e estabelece condições ao próprio Poder Público para que ele implemente e garanta essas condições.
- **1988:** Lei nº 7.661, de 18 de maio de 1988 – institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, que é responsável por definir as zonas costeiras brasileiras e seus limites em relação ao tipo de ambiente que faz parte destas (mar, ar e terra). Também regulamenta a definição de responsabilidade em relação a recursos naturais nessas área.
- **1989:** Convenção de Basileia, Suíça – regula o comércio de resíduos entre países.
- **1989:** Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, Lei dos Agrotóxicos – dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências.
- **1989:** Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989 – cria o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama).
- **1989:** Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989, Lei da Exploração Mineral – regulamenta as atividades de garimpo, licenças necessárias para sua realização e as responsabilizações no caso de danos ambientais durante a execução.
- **1991:** Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991, Lei da Política Agrícola – regulamenta a relação entre as atividades agrícolas e o uso respeitoso e racional dos recursos naturais do Brasil por meio de zoneamentos, fiscalização e programas de educação ambiental por parte das autoridades.
- **1992:** elaborada a “Agenda 21” na ECO 92, Cúpula da Terra, realizada no Rio de Janeiro. Propõe metas para o desenvolvimento sustentável e foi assinada por representantes de cerca de 160 países. Elaboração da Carta da Terra.
- **1992:** criação do Ministério do Meio Ambiente Brasileiro.
- **1995:** Lei nº 8.974, de 5 de janeiro de 1995, Lei da Engenharia Genética (Projeto Ghente) – regulamenta a aplicação de engenharia genética e toda a cadeia necessária para o correto tratamento dos organismos modificados em relação ao ambiente brasileiro.
- **1997:** ocorre em Nova York a Rio + 5, evento preparatório para a

assinatura do Protocolo de Kyoto.

- **1997:** é assinado o Protocolo de Kyoto, em Kyoto, no Japão, no qual vários países se comprometem a diminuir suas emissões atmosféricas de poluentes.
- **1997:** Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 – institui a Política Nacional de Recursos Hídricos; regulamentou a correta utilização da água, definindo-a como um recurso limitado e estabelecendo normativas de prevenção em relação ao seu esgotamento.
- **1998:** Decreto nº 2.652, de 1º de julho de 1998 – promulga a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.
- **1998:** Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, Lei de Crimes Ambientais – tipifica os crimes ambientais que são previstos na legislação brasileira e reúne-os em uma única peça legislativa. É um dos grandes marcos na criminalização aos danos ambientais.
- **1999:** Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999 – traz a Política Nacional de Educação Ambiental.
- **2000:** Lei nº 9.966, de 28 de abril de 2000 – dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional.
- **2000:** Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 – institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.
- **2001:** Lei nº 10.308, de 20 de novembro de 2001 – dispõe sobre a seleção de locais, a construção, o licenciamento, a operação, a fiscalização, os custos, a indenização, a responsabilidade civil e as garantias referentes aos depósitos de rejeitos radioativos.
- **2001:** Medida Provisória nº 2.186-16, de 23 de agosto de 2001 – regulamenta o inciso da Constituição Federal e os artigos da Convenção sobre Diversidade Biológica, que dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético.
- **2002:** Rio+10, África do Sul, Joanesburgo – Agenda 21 Brasileira (documento construído de 1996 até 2002). Estabeleceu diretrizes para viver com mais sustentabilidade. Na agenda brasileira, foram identificados os eixos principais e mais urgentes para aplicação, a saber: gestão dos recursos naturais, agricultura sustentável, cidades sustentáveis, infraestrutura e integração regional, redução das desigualdades sociais, e ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável.
- **2002:** regulamentação dos artigos da Lei nº 9.985/2000, sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC).
- **2005:** Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005, Lei de Biossegurança.
- **2006:** Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006 – dispõe sobre a

gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro (SFB); e cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal (FNDF).

- **2006:** Decreto nº 5.940, de 25 de outubro de 2006 – institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis.
- **2007:** Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, Lei do Saneamento Básico.
- **2008:** Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, Lei Arouca – estabelece procedimentos para o uso científico de animais.
- **2009:** Lei nº 11.952, de 25 de junho de 2009 – dispõe sobre a regularização fundiária das ocupações incidentes em terras situadas em áreas da União, no âmbito da Amazônia Legal.
- **2009:** Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009 – estabelece a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC).
- **2010:** Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 – institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) –; e Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010 – que regulamenta a PNRS e cria o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa.
- **2012:** acontece a Rio+20, no Rio de Janeiro, onde ocorre uma reafirmação sobre as necessidades e desejos para a sustentabilidade do planeta.

O Brasil, em termos de desenvolvimento de arcabouço regulatório, esteve sempre à frente das iniciativas mundiais em relação à dimensão ambiental da sustentabilidade. A proposição da legislação básica, definida principalmente pela nossa Carta Magna, que estabelece o meio ambiente como um direito básico de todo o cidadão, originou uma série de decretos, normativas (desenvolvidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – ou por padrões internacionais) e resoluções de apoio à implementação da legislação.

Resultam daí programas e projetos de incentivo à pesquisa, à produção mais limpa, consumo mais eficiente, economia circular, produtos orgânicos e biocompatíveis, que buscam envolver a sociedade na proteção do meio ambiente e na procura por soluções para os grandes problemas ambientais.

Derivam ainda da legislação os rótulos, ainda que haja distinção

conceitual entre as categorias que não são objeto deste capítulo, nas mais diversas formas, como selos, etiquetas e certificados que buscam atribuir diferenciais para o desenvolvimento de soluções ambientalmente mais corretas, nas mais diversas áreas.

Alguns deles são: LEED, BREEAM, GBTool, Green Star Office Desing, CASBEE, AQUA, Procel Edifica, Procel Energia, HQE, Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal, Selo Casa Saudável, Green Star, GHG Protocol ou Protocolo GHG, Rótulo Ecológico ABNT, RGMAT (para avaliar o desempenho ambiental em materiais) e selo FSC (Forest Stewardship Council), além de normas técnicas que implicam também certificação, como a ISO14001, ou métodos de avaliação do desempenho ambiental ou sustentável, de cunho mais acadêmico, como o Modelo ESA (LIBRELOTTO, 2005).

### *3.2.2.2 Oportunidades para o design*

No contexto das políticas e ações governamentais, o estímulo ao desenvolvimento de produtos e PSS pode ocorrer meio de projetos que incluam, de forma integrada ou não, elementos como a certificação e rotulagem de produtos e sistemas, a avaliação do ciclo de vida para quantificar a redução do impacto ambiental nas etapas do processo, a desmaterialização pelo uso compartilhado de produtos e o desenvolvimento de soluções para logística reversa e economia circular, entre outros.

### *3.2.3 Comunidades (hortas urbanas, compartilhamento, destinação de resíduos etc.)*

O desenvolvimento deve ser pensado como um processo de mudanças complexas e transformações econômicas, políticas, sociais e ambientais. Essas mudanças de comportamento podem ser promovidas por meio de iniciativas que visem melhorar a economia local, que insiram a comunidade nos processos e que pensem uma nova forma de bem-estar que não seja baseada no consumo, e sim em modos de vida promissores e sustentáveis.

A sustentabilidade requer uma descontinuidade sistêmica, “uma forma de mudança em cujo final o sistema em questão será diferente, estruturalmente diferente, daquilo que tivemos conhecimento até hoje” (MANZINI, 2008, p. 27). Esse é um dos pontos abordados por Manzini (2008), que mostra que essa descontinuidade deve ser planejada, pois centros urbanos poderiam ser pensados para serem mais sustentáveis e autossuficientes.

Nesse sentido, a transição do estágio atual para o da sustentabilidade exigirá um grande esforço de articulação entre inovações sociais, culturais e tecnológicas a partir de um novo contexto valorativo em termos de produtos, relações e processos organizacionais (MANZINI; VEZZOLI, 2005).

### 3.2.3.1 Inovações sociais

As inovações sociais podem ser um caminho viável para um desenvolvimento mais sustentável, levando em consideração aspectos sociais, culturais, ambientais e econômicos de uma população. A inovação social diz respeito a como, de forma individual ou coletiva, por meio de mudanças no modo agir, as pessoas criam oportunidades e resolvem seus problemas. Também pode ser pensada como a integração dos indivíduos com suas comunidades, atuando fora do padrão de pensamento e comportamento dominante e se organizando para obter diferentes resultados para as suas necessidades latentes.

Um aspecto importante dessa postura é que tais inovações são guiadas mais por mudanças de comportamento do que por mudanças tecnológicas ou de mercado, geralmente emergindo por meio de processos organizacionais de baixo para cima, e não como o que é convencionalizado – de cima para baixo (MANZINI, 2008; MANZINI; JÉGOU, 2006).

Cipolla (2012) explica que inovações sociais podem acontecer espontaneamente sem planejamento, porém,

*“se condições favoráveis forem criadas por meio do design, elas podem ser encorajadas, empoderadas, reforçadas, ampliadas e integradas com mudanças maiores para gerar mudanças sustentáveis” (CIPOLLA, 2012, p. 66).*

Nesse sentido, as atividades do design para a inovação social podem ser capazes de reconhecer e propor novas abordagens para o setor de serviços com um viés centrado em serviços colaborativos e relacionais (CIPOLLA; MANZINI, 2009).

Nesse contexto, é importante compreender que todo design, em alguma medida, é social. Sempre que falamos em novas tecnologias, materiais e processos inseridos na sociedade, vemos que estes são capazes de promover mudanças sociais consideráveis; porém, nesse caso, a transformação é tecnologia e indiretamente

promove mudanças sociais. Já no design para a inovação social, a transformação é social, as mudanças devem ser impulsionadas e orientadas diretamente pela e para a sociedade (MANZINI, 2017).

Para Freire (2011, p. 73), “a inovação social orientada pelo design deve gerar novas soluções, por meio de colaborações sociais, capazes de resolver as necessidades sociais de uma população de maneira mais eficaz, eficiente e sustentável” do que os serviços existentes. O design pode orientar soluções inovadoras para os problemas habituais por meio de iniciativas de inovação social, considerando essas soluções novas à medida que as pessoas passam a reconhecer as ações e soluções como diferentes das anteriores (FREIRE, 2010).

Cipolla e Manzini (2009) apresentam uma nova possibilidade que desafia o modo padrão de conceber e oferecer serviços, requerendo relações interpessoais intensivas para operar. Esses são os serviços relacionais, definidos como aqueles profundamente baseados em interações interpessoais.

Os autores ainda explicam que, nos serviços relacionais, homens e mulheres não são vistos como usuários ou clientes nem como teóricos “Humanos”, mas como seres “relacionais”. Para Cipolla e Manzini (2009), a habilidade de se relacionar verdadeiramente com o outro, um relacionamento mútuo, permeado por diálogos e encontros, indica um modelo de serviço emergente que está profundamente ligado à qualidade das relações interpessoais entre os participantes.

### *3.2.3.2 PSS e inovações sociais*

O PSS, aliado ao design de serviços relacionais, pode ser um grande impulsionador das inovações sociais, compreendendo e potencializando essas práticas e tendo como principal ponto as relações interpessoais, conduzindo uma mudança sistêmica para transformar a forma como os serviços são prestados e a interação entre os provedores do serviço e os consumidores.

Segundo Thackara (2008), sistemas de alimentação são parte de programas para fazer com que centros urbanos sejam mais sustentáveis. O desafio dos designers seria, assim, juntar diferentes recursos e oportunidades para tornar o espaço urbano equilibrado e sustentável.

Uma das possibilidades de atuação dessa abordagem é acerca de

questões alimentares, tema que deve ser considerado para que a sociedade se desenvolva de forma sustentável. O desenvolvimento da agricultura urbana pode melhorar as condições alimentares, além de possibilitar centros urbanos sustentáveis e economias mais verdes.

### 3.2.3.3 Agricultura urbana

Um estudo feito em 2007 (SANTANDREU et al., 2007) identificou mais de 600 iniciativas de agricultura urbana em todo o Brasil, majoritariamente de produção para o consumo próprio, mas também algumas que tinham como ponto principal a comercialização. Onze regiões metropolitanas foram pesquisadas – Belo Horizonte (MG), Curitiba (PR), Porto Alegre (RS), Rio de Janeiro (RJ), São Paulo (SP), Brasília (DF), Goiânia (GO), Belém (PA), Fortaleza (CE), Recife (PE) e Salvador (BA). Muitas outras cidades no Brasil têm iniciativas que visam usar a agricultura urbana como prática para promover um desenvolvimento socioeconômico mais sustentável e cidades mais verdes.

A prática da agricultura urbana oferece alguns benefícios tanto para quem cultiva quanto para o consumidor final, incluindo:

- **Diminuição de perdas** – a agricultura urbana pode aumentar a vida útil das culturas e reduzir as injúrias sofridas pelos cultivos no transporte. Isso acarreta a redução significativa do desperdício.
- **Não aplicação de agrotóxicos** – a maioria das hortas urbanas utiliza sistema agroecológico ou orgânico. Desde 2009, o Brasil é o maior consumidor de defensivo agrícola do mundo (CCST, 2016);
- **Redução de custo de transporte** – os consumidores ficam mais perto da produção, podendo comprar de centros de distribuição mais próximos ou diretamente do produtor, reduzindo os custos e problemas de logística.
- **Sabor do produto** – com o produto colhido diariamente e com pouco ou nenhum transporte, o alimento chega ao cliente final com maior qualidade e frescor.
- **Segurança alimentar e nutricional** – proporciona uma alimentação mais saudável para os produtores e moradores locais, pois o alimento se torna de mais fácil acesso.
- **Geração de renda** – pode ser uma opção para geração de renda extra para o núcleo familiar, a principal renda de uma família e gerar emprego para outros indivíduos.
- **Saúde física e psicológica** – as hortas oferecem, por exemplo,

oportunidades de lazer criativo para as pessoas mais velhas, os debilitados física ou mentalmente e os pacientes psiquiátricos (RODRIGUES, 2012). Também pode proporcionar a melhoria na qualidade de vida por meio da união das pessoas, criando redes de relações.

A implementação da agricultura urbana pode gerar renda, melhoria na qualidade de vida e desenvolvimento social, entre muitos outros benefícios, e por isso pode ser pensada como uma ótima oportunidade para o desenvolvimento sustentável dos centros urbanos. Diante de sistemas cada vez mais complexos, o grande desafio é modificar as formas de pensar e agir em torno da questão ambiental, que passa pela transformação da vida nas cidades, pela mudança nos hábitos da população urbana e das políticas públicas para os municípios.

#### 3.2.4 Novas formas de organização formais e informais (ONG, cooperativas, educação para o consumo responsável etc.)

Como já visto, a insustentabilidade dos atuais modos de vida é um tipo de problema de alta complexidade (*wicked problem*) que demanda ações sistêmicas para sua superação. Diante da complexidade das relações que enraízam esse problema, iniciativas isoladas podem facilmente dissolver-se, resultando em perdas gotejantes de esforços e recursos.

No enfrentamento de questões tão complexas, com múltiplas dimensões e variáveis dependentes, o ideal é empregar abordagens multi e transdisciplinares, orientadas por ações coletivas, pluridirecionais, sistêmicas, integradas e estratégicas, a curto, médio e longo prazo, que vão

*“além da transferência de recursos e envolvem o compartilhamento de causas comuns, incluindo a troca de conhecimentos e experiências [...] e as possibilidades de novos olhares e compreensão sobre questões complexas presentes na realidade social” (BRETTAS, 2017, p. 26).*

Segundo Novaes (2005, apud CERQUEIRA; FACCHINA, 2005), o desenvolvimento sustentável passa, por conseguinte, por um processo dialógico entre todos os atores da sociedade – políticos, econômicos e sociais – para diagnosticar os problemas, entender os conflitos envolvidos e pactuar formas de resolvê-los. Nesse sentido, é imprescindível o envolvimento do governo, das comunidades e

seus agentes, da iniciativa privada, de organizações da sociedade civil de interesse público (OSCIP), ONG, centros de pesquisa e desenvolvimento, instituições de ensino superior, voluntários e todos que quiserem e puderem somar forças, com o objetivo maior de promover e incentivar padrões mais sustentáveis de vida.

As iniciativas em prol manutenção dos limites de resiliência da natureza devem emergir tanto na direção *top-down* – por intermédio da gestão pública – quanto no sentido *bottom-up* – por ações civis e coalizões mistas –, envolvendo múltiplos agentes que acercam-se de um propósito comum: a redução dos impactos antropocêntricos na economia, na sociedade, no meio ambiente, na cultura e na diversidade, para garantir, contemporaneamente, níveis de bem-estar atuais mais éticos, equitativos e coerentes com a realidade, sem comprometer as gerações futuras (ONU, 1987)

Na perspectiva da insustentabilidade como um *wicked problem* que exige uma ruptura real e inadiável com práticas que tratam o ambiente como uma reserva ilimitada de suprimentos, a criação de PSS, quando fundamentada sobre as diretrizes do desenvolvimento sustentável, se mostra como fortemente promissora, ainda que não perfeita e definitiva (CESCHIN, 2015), pois promove a desmaterialização parcial ou total da economia, reduzindo muitos dos reflexos que esta tem na natureza, na sociedade e nas culturas.

Dos agentes pró-sustentabilidade, as ações governamentais (*top-down*) têm o importante papel regulador na forma de leis e normativas, políticas públicas, gestão da biodiversidade, criação e manutenção de áreas de preservação, parques, fiscalização de todas as áreas da sociedade e suas relações como o meio ambiente.

Contudo, como afirma Cardoso (2014), muitas vezes o governo não consegue, por sua própria dureza de formatação, pela amplitude do território e pela dinamicidade dos *wicked problems*, estar presente e atuante em todos os locais, em todos os momentos de forma eficaz.

Assim, para complementar as ações do estado, suprir suas restrições e promover ações em locais em que ele atua, são também necessárias ações *bottom-up* por parte das organizações não governamentais, mundialmente denominadas de terceiro setor (*third sector*); estas assumem a responsabilidade de agir em prol e em nome do interesse público em causas complexas, como as sociais e as ambientais, que exigem, dentre outros, envolvimento duradouro,

proximidade e colaboração constante. O terceiro setor reúne uma série de empreendimentos coletivos sob alcunhas como ONG e OSCIP, cada qual com suas especificidades, mas geralmente, sem fins lucrativos.

As diferenças entre **ONG e OSCIP** não estão, no entanto, em seu objeto de trabalho, e sim na relação formal com a legislação brasileira. Segundo Cardoso (2014, p. 7):

*"Não há no direito brasileiro, nem no Novo Código Civil ou em outra lei qualquer, designação de ONG. Não há uma espécie de sociedade chamada ONG no Brasil, mas um reconhecimento supralegal, de cunho cultural, político e sociológico, que está em vigor mundo afora."*

Conforme este autor, a sigla ONG engloba, de forma genérica, organizações não governamentais do terceiro setor que exercem funções públicas, sem serem estatais nem visar lucro. Nessa categoria encontram-se cooperativas, associações, institutos e fundações, entre outros. São, em geral, associações civis de interesse público, regidas por estatutos, às quais as pessoas se associam como voluntárias.

As ONG's são um fenômeno mundial que tem abraçado causas relevantes e gerado interesse popular e governamental sobre os mais variados temas, muitos dos quais advindos da dimensão ambiental da sustentabilidade, como a preservação da biodiversidade ou a organização da ação de povos coletores, por exemplo.

Diferente do termo ONG, o termo OSCIP é uma qualificação decorrente da Lei nº 9.790, de 23 de março de 1999, regulamentada pelo Decreto nº 3.100, de 30 junho de 1999 (Lei do Terceiro Setor), que disciplina termos e obrigações e elenca os documentos e atos obrigatórios para pleitear a certificação da OSCIP. Além disso, o decreto nº 3.100/1999 estabelece a metodologia a ser empregada pelo administrador público que concede o título e orienta sobre a interpretação de conceitos determinados na lei 9.790/1999, estipulando os direitos das partes.

*"OSCIP é um título fornecido pelo Ministério da Justiça do Brasil, cuja finalidade é facilitar o aparecimento de parcerias e convênios com todos os níveis de governo e órgãos públicos (federal, estadual e municipal) e permite que doações realizadas por empresas possam ser descontadas no imposto de renda."*  
(XAVIER, 2008, p. 168)

Para Cardoso (2014), as OSCIP são o reconhecimento oficial e legal daquilo que se entende por ONG, visto que as primeiras são regidas por exigências legais de prestação de contas referente a todo o dinheiro recebido do Estado. Contudo, ser uma OSCIP é uma opção institucional, não uma obrigação. De certa forma, essas organizações são uma maneira de o Poder Público dividir com a sociedade civil o encargo de fiscalizar o fluxo de recursos públicos, por meio de parcerias entre essas partes, dividindo e permitindo o escoamento dos recursos públicos para suas finalidades e, igualmente, o encargo administrativo e de prestação de contas.

Todavia, não são todas as associações civis que se enquadram para receber o título de OSCIP. No texto da lei 9.790/1999 o governo exclui, por exemplo, sociedades comerciais; sindicatos; instituições religiosas; organizações partidárias; instituições hospitalares privadas não gratuitas e suas mantenedoras; escolas privadas dedicadas ao ensino formal não gratuito e suas mantenedoras; organizações sociais; cooperativas; fundações públicas; fundações, sociedades civis ou associações de direito privado criadas por órgão público ou por fundações públicas; e organizações creditícias que tenham quaisquer tipos de vinculação com o sistema financeiro nacional a que se refere o art. 192 da Constituição Federal.

Isto posto, para ser considerada legalmente uma OSCIP, a entidade deve estar vinculada à (aos):

- Promoção da assistência social;
- Promoção da cultura, defesa e conservação do patrimônio histórico e artístico;
- Promoção gratuita da educação, observando-se a forma complementar de participação das organizações;
- Promoção gratuita da saúde, observando-se a forma complementar de participação das organizações;
- Promoção da segurança alimentar e nutricional;
- Defesa, preservação, conservação do meio ambiente e promoção do desenvolvimento sustentável;
- Promoção do voluntariado;
- Experimentação sem fins lucrativos de novos modelos socioprodutivos e de sistemas alternativos de produção, comércio, emprego e crédito;
- Promoção de direitos estabelecidos, construção de novos direitos e assessoria jurídica gratuita de interesse suplementar;

- Promoção da ética, da paz, da cidadania, dos direitos humanos, da democracia e de outros valores universais;
- Estudos e pesquisas, desenvolvimento de tecnologias alternativas, produção e divulgação de informações e conhecimentos técnicos e científicos que digam respeito às atividades mencionadas anteriormente.

Agindo na promoção dessas categorias, as OSCIP, como adiantado, criam uma ponte concreta entre problemas complexos relativos, dentre outros, aos Objetivos do Desenvolvimento do Milênio e os recursos humanos e financeiros para desenvolver, oferecer e gerenciar possíveis soluções. Entretanto, além de ONG e OSCIP, outros empreendimentos coletivos têm crescido em relevância na superação do paradigma da sustentabilidade, e vinculam outros agentes sociais e governamentais, como associações e cooperativas comunitárias e instituições de ensino e pesquisa. Este é o caso das incubadoras sociais.

### 3.2.5 O papel do indivíduo

Gostaríamos de finalizar este livro evidenciando a importância e responsabilidade do indivíduo nas mudanças necessárias para a transição rumo a uma sociedade mais sustentável. Destacamos aqui a importância da mudança de mentalidade nas diversas formas de organizações humanas, incluindo as empresas, o governo, as comunidades, e também as novas formas de organização que estão emergindo.

Mas não se pode esquecer que tudo começa com o indivíduo; é ele, em última instância, quem pensa, sente e age de forma mais ou menos sustentável. Portanto, se os designers desejam realmente promover mudanças significativas nas formas de se produzir, consumir e viver, é preciso que seus esforços sejam direcionados, além do âmbito coletivo, também ao âmbito do indivíduo.

As decisões de design devem considerar o alcance coletivo para serem efetivas, mas sem jamais perder de vista a dimensão individual, sob pena de se tornarem soluções desumanizadoras. Por isso se faz necessária a utilização de métodos de pesquisa e projeto que incluam, sempre que possível, a participação dos indivíduos, dando-lhes vez e voz. Notadamente nos níveis de intervenção mais sistêmicos, como os sistemas produto-serviço, inovações sociais, sistemas sociotécnicos e novos cenários de produção e consumo, a

participação dos utilizadores é parte essencial, embora por si só não garanta que as soluções sejam ambientalmente adequadas.

Os designers são agentes de mudanças, influenciadores de decisões das outras pessoas sobre formas de se produzir e consumir, as quais podem ser mais ou menos benéficas ao meio ambiente, às pessoas e aos demais seres vivos. Este poder de influência decorre tanto do seu papel de especificador, no caso dos projetos, quanto de comunicador, no caso da comunicação e, de forma ainda mais abrangente, o designer pode também influenciar o desenho de novos sistemas sociotécnicos complexos, políticas públicas e leis.

Mas, além do foco nos outros, os designers não podem também esquecer que, antes de tudo, eles próprios são indivíduos que produzem, consomem e vivem; portanto, a busca por uma ampliação da sua própria consciência deve também ser um objetivo dos designers, a fim de que se tornem indivíduos melhores, mais conscientes e solidários.

Este livro foi produzido para ajudar a formar e nutrir esta ampliação de consciência, não só dos designers e professores dos cursos de design, mas também de outras profissionais que desejam ampliar seu repertório teórico e metodológico acerca das possibilidades de ação em busca de uma melhor condição de sustentabilidade ambiental, social e econômica, não apenas para a geração atual, mas também e principalmente para as que ainda estão por vir.

## Referências

ASSUMPÇÃO, Lia. Obsolescência programada, práticas de consumo e design: uma sondagem sobre bens de consumo. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BAINES, T.; LIGHTFOOT, H.; EVANS, S. State-of-the-art in product-service systems, Proceedings IMechE., Vol. 221 Part B: Journal of Engineering Manufacturing, pp. 1543-1552, 2007.

BARAUNA, D.; SOUZA, S.; TREIN, F.A.; RAZERA, D.L. Design para a Sustentabilidade na Economia de Materiais: uso de resíduos no desenvolvimento de produtos. Revista Mix Sustentável - Edição 07/V3. N3. 2017.

BOSTON UNIVERSITY (2018). Behavioural Change Models, Diffusion of Innovation Theory. Disponível em <<http://sphweb.bumc.bu.edu/otlt/MPH-Modules/SB/BehavioralChangeTheories/BehavioralChangeTheories4.html>> Acesso em: 27 set 2018.

BRETTAS, Gabriela. Guia de tendências e práticas do Investimento Social Empresarial.

São Paulo: GIFE, 2017. Disponível em: <<https://sinapse.gife.org.br/download/guia-de-tendencias-e-praticas-investimento-social-empresarial>> Acesso em: 13 maio 2018.

BRITO, G.F., AGRAWAL, P. ARAÚJO, E. M, MÉLO, T. J. A. Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Vedes. Revista eletrônica de materiais e processos, 6:2, pp 127-139, 2011.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. DECRETO Nº 2.652, DE 1º DE JULHO DE 1998. Disponível em <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1998/decreto-2652-1-julho-1998-400868-norma-pe.html>> Acesso em: 02 out 2018.

CARDOSO, Univaldo Coelho et al. OSCIP: organização da sociedade civil de interesse público. Brasília: Sebrae, 2014.

CERQUEIRA, Flora; FACCHINA, Márcia. A Agenda 21 e os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio- as oportunidades para o nível local - Agenda Lilás. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

CESCHIN, Fabrizio. Sustainable Product\_Service System: Between Strategic Design and Transition Studies. Brunel University, School of Engineering and Design, 2015. Disponível em: <<http://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-03795-0>>. Acesso em: 26 abr. 2016.

CIPOLLA, Carla; MANZINI, Ezio. Relational Services. Springer Science + Business Media B.V. Published Online. 2009

DINIZ, Eli. "Governabilidade, Democracia e Reforma do Estado: Os Desafios da Construção de uma Nova Ordem no Brasil dos Anos 90". In: DADOS – Revista de Ciências Sociais. Rio de Janeiro, volume 38, nº 3, 1995. pp. 385-415

FAO. Food And Agriculture Organization Of The United Nations. 2014. Disponível em: <[http://www.fao.org/ag/agp/greencities/en/GGCLAC/belo\\_horizonte.html](http://www.fao.org/ag/agp/greencities/en/GGCLAC/belo_horizonte.html)>. Acessado em: 15 out. 2016.

GOMES, Luiz Antônio Vidal de Negreiros. Criatividade e design: um livro de desenho industrial para projeto de produto. Porto Alegre: sCHDS, v. 15, 2011.

GOVERNO FEDERAL. LEI Nº 5.197, DE 3 DE JANEIRO DE 1967. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L5197.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5197.htm)> Acesso em: 02 out 2018.

HALEN C. van, VEZZOLI, C., WIMMER, R. Methodology for product service system innovation. How to implement clean, clever and competitive strategies in European industries. Royal Van Gorcum. Assen: 2005.

INPE. Protocolo de Quioto. Disponível em: <[http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/Protocolo\\_Quito.pdf](http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/Protocolo_Quito.pdf)> Acesso em: 02 out 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS – IBAMA. Disponível em: < <https://www.ibama.gov.br/>> Acesso em: 02 out 2018.

INSTITUTO ILOS. Panorama ILOS "Logística Verde – Iniciativas de sustentabilidade ambiental das empresas no Brasil 2011". Disponível em <<http://www.ilos.com.br/web/analise-de-mercado/relatorios-de-pesquisa/logistica-verde/>> Acesso em: 27 set

2018.

IPEA. Sustentabilidade ambiental no Brasil: biodiversidade, economia e bem-estar humano. 2010. Livro 7. 640p.

JÉGOU, FRANÇOIS; MANZINI, EZIO. Collaborative services: social innovation and design for sustainability. Milano: Edizioni Poli.design. 2008.

KRUCKEN, Lia (Org.). Design e sustentabilidade. EdUEMG, Barbacena, Minas Gerais, 2009, pp 13-26.

LARA; A. C. F.; ALMEIDA; D. Agricultura Urbana: Belo Horizonte Cultivando o Futuro. Prefeitura de Belo Horizonte (PBH), Rede de Intercâmbio de Tecnologias Alternativas (REDE), 2008. Disponível em <[www.redemg.org.br/article\\_get.php?id=134](http://www.redemg.org.br/article_get.php?id=134)> Acessado em: 25 jun. 2017.

LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. Modelo para avaliação da sustentabilidade na construção civil nas dimensões econômica, social e ambiental (ESA): aplicação no setor de edificações. Tese do doutorado. UFSC: Florianópolis, 2005.

LIMA, Emanuel. Cientistas brasileiros criam plástico comestível. Disponível em: <<https://br.blastingnews.com>> Acesso em: 05 set 2018.

LIPPINCOTT, Gordon. Design for business. Chicago: Paul Theobald, 1947.

LÖFFLER, Elke. Governance: Die neue Generation von Staats- und Verwaltungsmodernisierung. Verwaltung + Management, v. 7, n. 4, p. 212-215, 2001.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais de produtos industriais. Tradução de: CARVALHO, A. 1. ed. 2. reimpr. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

MANZINI, E. Design para a inovação social e sustentabilidade: Comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais. Rio de Janeiro, RJ: E-papers, 2008.

MANZINI, E.; JÉGOU, F. Design dos cenários. In: BERTOLA, P.; MANZINI, E. Design multiverso: notas de fenomenologia do design. Milano: Edizioni POLI.design, 2006. p. 189-207.

MARTINS, S. B.; SANTOS, A. Estratégias genéricas para a sustentabilidade no setor do vestuário. In: Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 8, 2008, São Paulo.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Agenda 21 Brasileira. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-brasileira.html>> Acesso em: 02 out 2018.

\_\_\_\_\_. Consultoria Jurídica. Legislação Ambiental Básica / Ministério do Meio Ambiente. Consultoria Jurídica. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, UNESCO, 2008.

NATIONAL AGENCY FOR ENTERPRISE. Design Creates Value., Copenhagen, 2007.

\_\_\_\_\_. The economic effects of Design., Copenhagen, September, 2003.

NOGUEIRA, Marco Aurélio. Em defesa da política. São Paulo: Ed. Senac, 2001.

ONU - Organização das Nações Unidas. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. Geneva, December 31th, 1987. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>. > Acesso em: 26 fev 2018.

PEREIRA, Alessandro Sanches; LIMAB Juliana C. Fontes; RUTKOWSKI, Emilia Wanda. Ecologia Industrial, Produção e Ambiente: uma discussão sobre as abordagens de inter-conectividade produtiva. In: International Workshop: Advances in Cleaner Production, 1, 2007, São Paulo. Anais... São Paulo, 2005. p. 1-7.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Casa Civil - Subchefia para Assuntos Jurídicos. LEI No 9.790, de 23 de Março de 1999. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9790.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9790.htm)> Acesso em: 20 ago 2018.

RODRIGUES, S. C. A. Um modelo para a implementação de redes de hortas urbanas. Porto, 2012. Disponível em <[http://repositorio.ipvc.pt/bitstream/20.500.11960/1124/1/susana\\_rodrigues.pdf](http://repositorio.ipvc.pt/bitstream/20.500.11960/1124/1/susana_rodrigues.pdf)> Acesso em: 25 jun 2017.

SANTANDREU, Alain; LOVO, Ivana Cristina. Panorama da Agricultura Urbana e Periurbana no Brasil e Diretrizes Políticas para sua Promoção: Identificação e Caracterização de Iniciativas de AUP em Regiões Metropolitanas Brasileiras. Belo Horizonte, MG, 2007.

SANTOS, Aguinaldo dos. Níveis de maturidade do design sustentável na dimensão ambiental. In: MORAES, Dijon de; KRUCKEN, Lia (Org.). Design e sustentabilidade. Barbacena: EdUEMG, 2009. p. 13-26.

SANTOS, A.; CESCHIN, F., MARTINS, S. B.; VEZZOLI, C. A design framework for enabling sustainability in the clothing sector. Latin American J. Management for Sustainable Development, 3:1, pp 47-65, 2016.

SANTOS, F. A. N. V. MD3E (Método de Desdobramento em 3 Etapas): Uma Proposta de Método Aberto de Projeto para Uso no Ensino de Design Industrial. 2005. 179 p. Universidade Federal de Santa Catarina (PPGEP-UFSC), Florianópolis, SC, 2005. Tese de Doutorado.

TEIXEIRA, Marcelo Geraldo. Aplicação de conceitos da ecologia industrial para a produção de materiais ecológicos: o exemplo do resíduo de madeira. 2005. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologia Ambiental no Processo Produtivo) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

VIEIRA. O design para inovação social e sustentabilidade. E as novas formas de consumo de roupas. Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, COPPE, UFRJ, 2015.

XAVIER, Carlos Magno Da Silva - SUP. Metodologia de Gerenciamento de Projetos no Terceiro Setor - uma estratégia para a condução de projetos. Brasília: Brasport, 200

**Design para a Sustentabilidade: Dimensão Ambiental**

Foi impresso no papel offset 90g com os tipos Myriad Pro Light 11pt / 13,5pt nos textos e Myriad Pro Black Semicondensed 18pt/21pt nos títulos,  
na Gráfica Reproset, Curitiba-PR para Editora Insight, em outubro de 2018.

