

## 5 Ciclos de vida

### 5.1 A noção de ciclos de vida

Todas as culturas humanas têm, de alguma forma, a percepção do conceito de repetição periódica dos eventos naturais, como o passar das estações do ano, a variação das marés ou com o estudo do posicionamento dos corpos celestes. Elas perceberam que no mundo natural tudo obedece a uma ordem cíclica e cada cultura escolheu, de sua maneira peculiar, onde se coloca o seu início e o seu final, o momento quando um ciclo se encerra e recomeça em outro nível.

A noção de ciclo de vida é, portanto, tão antiga quanto a própria humanidade enquanto cultura organizada. Ela aprendeu o “funcionamento” dos ciclos naturais e tirou proveito de seus conhecimentos e experiências em benefício próprio. A produção dos alimentos, nas primeiras comunidades coletoras, assim como nas mais avançadas que conseguiam plantar seu alimento, ou ainda, nos grupos de caçadores, dependia sempre da perfeita compreensão e de uma relação harmônica com os diversos ciclos que a natureza lhes apresentava e impunha.

Várias atividades da humanidade “desenvolvida” continuam respeitando e fazendo parte dos ciclos naturais, embora no âmbito da produção em escala de objetos, que se tornou possível a partir da revolução industrial, esta noção de ciclo de vida tenha, até meados dos anos 1990, sido percebida e tratada de maneira fragmentada, considerando esses ciclos como o que hoje denominamos “ciclos abertos de produção”. Este conceito de ciclo será abordado de forma mais aprofundada no próximo tópico. Na concepção de ciclos artificiais, quando o objeto apresenta alguma falha, ou quando surge um outro que o substitui, ele chegou ao fim de sua vida e ponto. Em geral, não se pensava em aproveitá-lo depois deste momento. Desta forma, a noção de ciclo de vida completo, como hoje o percebemos, não se adequava completamente ao meio de produção industrial. Somente em casos de produção manual e artesanal, ocorria o aproveitamento dos objetos descartados para a confecção de produtos novos, mas ainda assim, esta era uma prática que, normalmente, acontecia escondida dos clientes.

Com o aumento da conscientização em relação às questões ambientais, da necessidade de se poupar recursos e de modificar nosso modelo de produção e consumo, estamos revendo nossas crenças e práticas para atender aos novos requisitos de produção que agora se colocam como obrigatórios, sendo a única direção a se seguir: a sustentabilidade de nosso sistema produtivo e de nosso modelo de desenvolvimento.

O desafio que temos de enfrentar, neste novo panorama, é o de tornar os ciclos de vida abertos de nossa antiga, porém ainda muito presente, concepção de produção industrial, em ciclos fechados que conseguem aproveitar, de fato, todos os recursos que os objetos podem representar

## **5.2**

### **As diferenças entre os ciclos de vida fechados e os abertos**

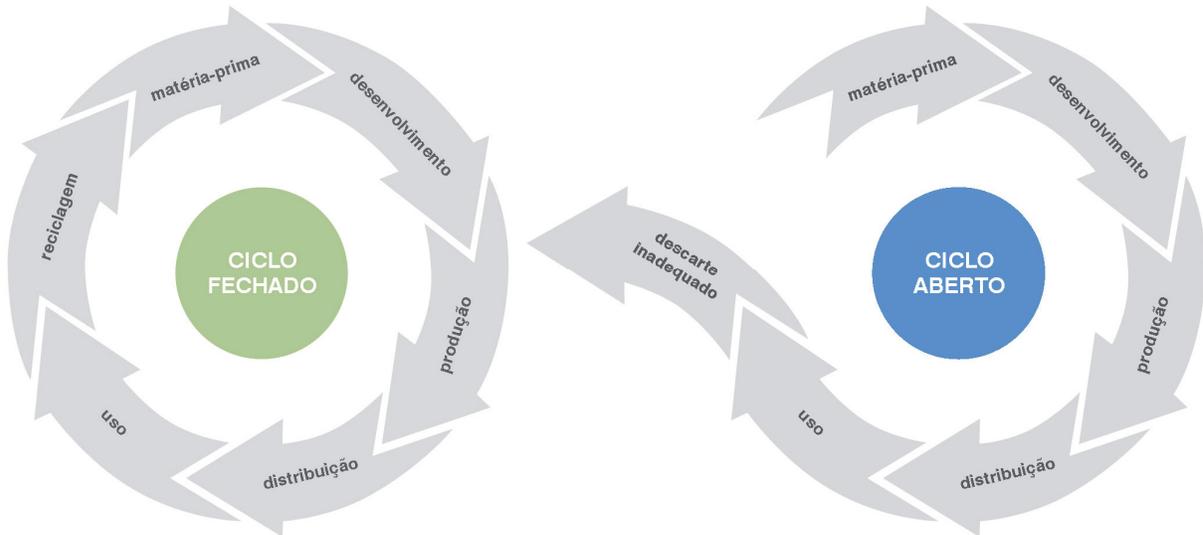
Os ciclos de vida das embalagens industrializadas estão se tornando cada vez mais eficientes, dependendo, naturalmente, da rentabilidade atribuída ao material em questão e de sua disponibilidade para a indústria que utiliza o material reciclado.

Os ciclos, para serem realmente eficientes, devem ser inteiramente fechados em si, transformando a matéria continuamente e não desperdiçando nenhum tipo de recurso, durante as várias fases dos processos de fabricação, uso e reciclagem. Mas isso, é importante lembrarmos, é absolutamente impossível de acontecer, uma vez que toda ação gera uma reação contrária, de acordo com a lei da termodinâmica.

Este momento da reciclagem é quando acontece a transformação do material e faz parte de um ciclo que pode se repetir diversas vezes, quando se trata de um ciclo dito “fechado”. Com este termo entendemos o ciclo completo que, na realidade, não termina e acaba, mas se recria de diferentes formas, de acordo com as características do material e das especificidades do produto que esteja sendo produzido.

Em termos de aproveitamento material e energético, este ciclo do tipo fechado atende com mais eficiência aos requisitos da indústria, e dependendo do objeto em questão e dos processos produtivos envolvidos, atende também ao

modelo de produção sustentável, que agora pode se colocar como diferencial mercadológico na competição entre as empresas.



Graficos 3 e 4 - A diferença entre os ciclos de vida abertos e os fechados nos produtos e embalagens industrializados.

O tipo de ciclo conhecido como “aberto” se refere àquele que, em alguma fase do ciclo de vida do produto ou embalagem ocorre um desvio, acidental ou intencional, que o retira deste ciclo. O objeto que poderia ser aproveitado de várias formas através dos materiais que o constituem, ou recuperando parte da energia que se utilizou na sua conformação, acaba esquecido, saindo do ciclo produtivo, representando uma ruptura no processo de aproveitamento e um desperdício de recursos. Este tipo de ciclo aberto acontece normalmente quando os objetos são descartados de maneira inadequada ou, como foi exemplificado, não chegam a ser definitivamente descartados, ficando por longos períodos guardados, sem ser, de fato utilizados, ou aproveitados de qualquer outra maneira.

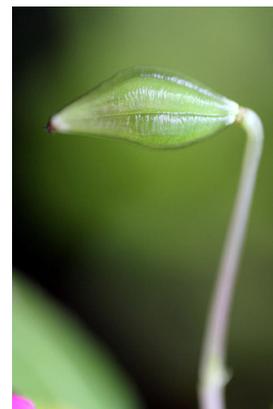
### 5.3 Os ciclos das embalagens industrializadas em contraponto aos ciclos da natureza

Observando a natureza podemos perceber uma infinidade de sistemas e mecanismos que podemos de alguma maneira comparar ao que nós chamamos por

embalagens. No Reino Vegetal, principalmente, existem soluções muito diversas e interessantes no que diz respeito à sobrevivência e reprodução das espécies. As sementes e as frutas são sempre formas muito eficientes de disseminação das plantas, sempre adaptadas às especificidades de cada ecossistema, muitas vezes contando com a ajuda de outros elementos como pássaros, insetos, mamíferos e outros seres para o sucesso de sua reprodução, como acontece com as árvores frutíferas.

Várias espécies de árvores contam ainda com a ajuda de outros elementos da natureza. As chuvas e o vento são muitas vezes responsáveis pela disseminação das sementes, levando-as para locais próximos e para os distantes, colocando essas sementes nos mais variados locais e situações, aumentando assim, a possibilidade de sucesso na reprodução e difusão da espécie.

É muito interessante reparar a variedade das formas e das soluções peculiares que cada espécie vegetal utiliza para se reproduzir. Cada uma conta com a ajuda de um determinado animal, de uma outra planta, de alguma condição climática ou, o que é comum, um conjunto de todas essas possibilidades, para se desenvolver e se reproduzir adequadamente. O mais impressionante é que, se analisarmos estas diversas soluções da natureza, poderemos perceber que dificilmente ocorrem exageros. Os tamanhos e as formas de cada semente atendem a determinados requisitos e são sempre econômicas na utilização de matéria-prima, bem como no gasto de energia para cumprir suas funções.



Figuras 98 e 99 - Engenhosas soluções de design da natureza, a Biônica como referência.

O Design da natureza, se é que assim podemos chamar, é impecável. Cada superfície, cada curva, cada cor tem o seu porquê de existir desta forma, seja para atrair um tipo de pássaro, para girar ou planar com os ventos, boiar ou afundar na água. As formas da natureza são absolutamente eficientes, sem comentar sua beleza e elegância.

Existe uma área de conhecimento que estuda todo o tipo de estruturas, formas e mecanismos engenhosos da natureza, buscando referências e inspiração no mundo natural para a aplicação em aparatos e soluções que atendam às necessidades do desenvolvimento humano, a saber, a Biônica. A Biônica, assim como o design, nasce de pesquisas e práticas multidisciplinares envolvendo diversas áreas de conhecimento como a botânica, a física, a zoologia, a química, a arte, a engenharia, a robótica, a arquitetura, o design, entre outras.

Podemos tentar fazer algum tipo de comparação deste tipo de soluções da natureza com o sistema de embalagens produzidas e utilizadas pela humanidade, mas é uma tarefa que exige muita subjetividade e certo grau de imaginação, já que se trata da comparação entre o meio orgânico natural, e o vasto universo de objetos e materiais inorgânicos resultantes de nossa produção industrial.

Para atender às necessidades de conforto da humanidade, como já apontamos anteriormente, o poderio econômico da indústria, aliado ou associado ao da ciência, gerou uma enorme gama de novos materiais artificiais e de processos de beneficiamento desses materiais, que permitiram avanços consideráveis nos padrões de vida da época.

Um bom exemplo desses materiais inovadores, talvez o mais significativo deles, é o plástico, com todas as suas possibilidades de combinações químicas e formas de aplicação. Este material revolucionou a indústria de embalagens, criando sistemas e soluções que não eram possíveis com o uso de outros materiais. É ele, sem dúvida, o material artificial por definição, gerado a partir de petróleo (recurso natural não renovável) e com características especialmente vantajosas para a utilização em embalagens. Por suas características variadas, pode gerar produtos diferentes, diversas possibilidades de utilização e, por conseguinte, ciclos de vida muito diferentes e peculiares, chegando mesmo a alterar padrões de consumo, como aconteceu com a criação das embalagens “*one-way*”.



Figuras 100, 101, 102 e 103 - Exemplos das variadas aplicações do plástico nas embalagens.

Neste caso, estamos tratando do ciclo de vida de produtos e materiais inorgânicos, extraídos da natureza em forma bruta e processados artificialmente pelo homem. Mas este ciclo pode ocorrer de forma muito semelhante com elementos orgânicos, onde a própria natureza se encarrega dos processos que irão transformar os materiais, biodegradando-os ou renaturalizando-os, sempre de forma a aproveitar todo o potencial destes materiais.

Temos ainda outra vertente da indústria e em centros de pesquisa de materiais e embalagens que desenvolve elementos constituídos de materiais biodegradáveis para várias aplicações. Muita pesquisa tem sido feita nesse sentido, algumas inclusive, com resultados muito animadores, como o caso dos polímeros fabricados à base de amido de milho, que se decompõe em cerca de três meses depois de descartado e colocado em contato com o lixo e a luz solar, exatamente a situação existente nos aterros sanitários, ou o filme plástico comestível, em desenvolvimento nos centros de pesquisa da USP, São Paulo. O uso deste tipo de alternativa vai de encontro a uma postura que prega a renaturalização dos materiais fabricados com base em resinas vegetais e orgânicas, que se decompõem quando em contato com os elementos naturais.

Podemos fazer uma analogia entre as variadas fases existentes nos ciclos de vida de criaturas vivas, sejam animais ou vegetais, e dos ciclos de vida de produtos e embalagens inorgânicos, produzidos pelo homem moderno. Para facilitar o entendimento e a visualização desta comparação que estamos propondo, criamos o gráfico a seguir:

## CICLO NATURAL X CICLO ARTIFICIAL

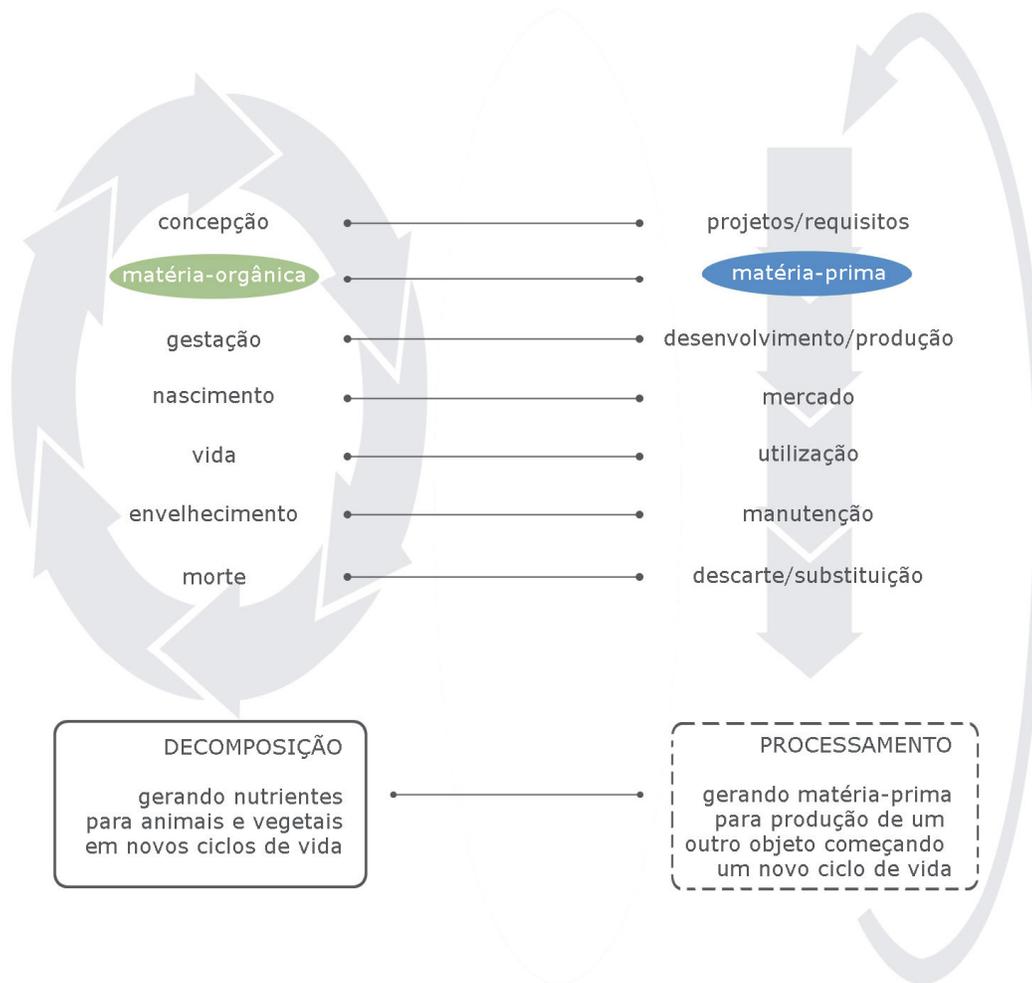


Gráfico 5 – Esquema comparativo entre os ciclos naturais e os artificiais.

A matéria, que é o mais fundamental dos requisitos para a existência de qualquer tipo de ciclo de vida, pode ser orgânica no caso dos ciclos naturais, ou artificial/inorgânica, no caso dos ciclos industriais. A fase que podemos considerar como o início do ciclo é a concepção, que na natureza segue aos padrões de reprodução de cada espécie viva. Já nos ciclos artificiais esta fase pode ser interpretada como a identificação de necessidades a serem atendidas por um produto qualquer, das definições de seus atributos e restrições de projeto. A fase da concepção que antecede ao desenvolvimento da forma nos dois tipos de ciclo de vida. Logo depois da concepção, imediatamente se inicia a fase da gestação nas

criaturas vivas e de desenvolvimento e produção nos ciclos artificiais. O desenvolvimento de uma semente até o momento em que aparece o broto, equivaleria a toda a fase de elaboração e desenvolvimento do objeto desde os testes e simulações até a prototipagem e as definições finais dele. O nascimento das criaturas ocorre de formas muito variadas dependendo das espécies, mas representa uma nova fase na vida, saindo de um ambiente especialmente controlado como o útero, os ovos e sementes, chegando ao ambiente externo e tendo que, obrigatoriamente, se ajustar e se adaptar aos hábitos, à realidade de sua espécie e ao seu habitat, onde passará o resto de sua vida. No ciclo dos objetos fabricados pela indústria, o nascimento se equipara ao lançamento do produto para o mercado consumidor, que vai efetivamente determinar todas as outras fases restantes do ciclo de vida destes objetos. A fase da vida, compreendida entre o nascimento e a morte, para os seres vivos é, evidentemente, a maior e mais importante fase de todo seu ciclo de vida. As fases anteriores e posteriores a ela são muito pouco consideradas quando comparadas à fase da vida em si. No caso da humanidade, que possui diferentes crenças religiosas, a relação com estas fases além da vida material pode ser extremamente diferente de uma determinada religião e cultura para outra. Durante a fase da vida diversos tipos de acontecimentos podem afetar a saúde dos organismos vivos. Com o processo de envelhecimento, praticamente todos os organismos vivos podem apresentar desde doenças hereditárias ou congênitas, a vários tipos de acidentes que alteram a estrutura do corpo, fazendo com que, em cada caso, haja a necessidade de determinados cuidados especiais e/ou intervenções cirúrgicas que venham a modificar o ciclo de vida do organismo em questão. Se formos comparar esta fase e buscar equivalência nos ciclos artificiais, seria todo o tipo de manutenção, revisões e reparos que o produto industrializado pode demandar durante a sua vida. É nesta fase que a comparação entre esses dois tipos de ciclos de vida pode realmente parecer forçada. Comparar a saúde do ser vivo com a do produto industrializado, demanda uma boa dose de imaginação, mas aqui, nos demos a liberdade de interpretar estes ciclos de vida de modo a buscar e explicitar todas as suas similaridades. A morte do ser vivo pode ter interpretações diversas de acordo com o ponto de vista. Ela pode representar o fim da vida, o final do ciclo de vida da matéria, mas na realidade, o corpo morto será aproveitado de várias maneiras por outros elementos naturais, continuando, desta forma, a fazer parte de outros

ciclos de vida. Ele serve de alimento para muitos animais e o material orgânico que sobrar será incorporado ao solo, se infiltrando nele e alimentando também diversos vegetais que, por sorte, têm a disponibilidade deste recurso ao seu dispor. Para o objeto industrializado a morte se caracteriza pelo fim da sua fase de uso, simbolizada pelo momento do seu descarte. Quando nos referimos ao ciclo de vida do objeto artificial, do tipo fechado, (que já explicamos) depois do descarte, o objeto pode ser processado, separando seus diferentes componentes e materiais e encaminhando cada parte dele para a utilização em outros ciclos de vida, de outros produtos inorgânicos, semelhante ao que acontece no aproveitamento de toda matéria orgânica pela própria natureza.

Nosso intuito com esta comparação foi apenas o de mostrar as similaridades que identificamos entre esses dois tipos de ciclo de vida, e contribuir para a compreensão destas questões nos processos artificiais, tentando utilizar a inspiração, ou exemplo que a natureza nos oferece.

#### **5.4 Os fluxos do lixo em nossa sociedade**

O lixo que se produz diariamente nos grandes centros urbanos, além de representar enormes e variados impactos ambientais, como comentamos no início deste trabalho, também significa aproveitamento de recursos materiais e possível geração de energia, através de combustíveis como o gás natural, ou elétrica com as usinas termo-elétricas e os altos fornos das indústrias.

Analisemos os fluxos que este lixo faz pelas cidades e as formas diferenciadas com que ele pode ser tratado e reaproveitado pelo homem.

O gráfico a seguir é uma visualização esquemática para facilitar a compreensão dos diversos fluxos e ciclos do lixo e dos materiais dele provenientes.

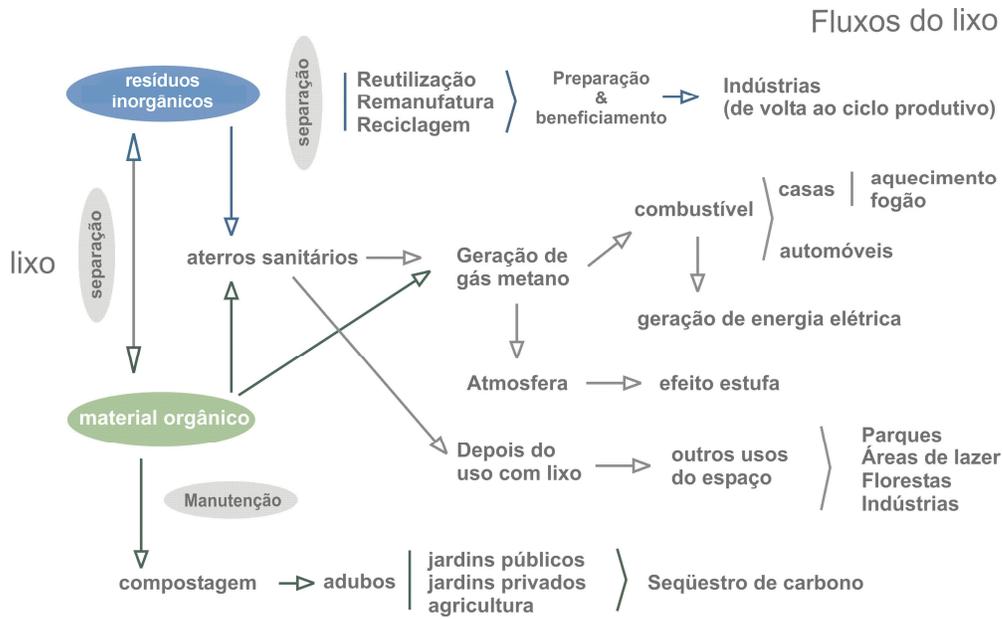


Gráfico 6 – Esquema mostrando os fluxos do lixo e os impactos ambientais em nossa sociedade.

Primeiramente, a constituição do lixo, seus materiais e a forma como foram descartados varia muito de acordo com a sua fonte. Dependendo desta constituição, o sistema de coleta pode ser diferenciado em categorias de modo a facilitar a manipulação e o seu aproveitamento. Logo, a primeira fase que identificamos neste processo é a separação dos materiais, que pode ocorrer de forma organizada, principalmente nas corporações e indústrias que reaproveitam o refugo de maneiras próprias, ou o vendem para empresas que comercializam refugos materiais variados. Outras possibilidades de receber os resíduos de forma organizada, são em locais onde exista um sistema de coleta seletiva que seja eficiente e resulte em um lixo corretamente separado, limpo e pronto para o processamento nas indústrias recicladoras. Estes tipos de lixo “organizados” já são previamente separados e pré-processados, daí seguem direto para as fases seguintes, nas recicladoras e destas vão de volta para a indústria, que utiliza o material reciclado como matéria-prima para a produção de outros objetos. Este seria um exemplo de ciclo fechado e é o que podemos considerar o ciclo de vida ideal para todo o sistema produtivo e para o meio ambiente.



Figuras 104, 105 e 106 – Os ciclos de vida das embalagens e dos materiais que as constituem dependem de como elas são tratadas no momento do descarte pelo consumidor.

Se o lixo, quando de sua coleta pelos sistemas de transporte, estiver misturado, ou contaminado, contendo, nos mesmos volumes, material orgânico junto ao inorgânico e, dentro desses inorgânicos, materiais variados, a dificuldade que se apresenta para a separação e limpeza destes resíduos pode ser tão grande, que acaba inviabilizando o seu aproveitamento. O destino do lixo com estas características pode ser dividido em duas possibilidades. Em uma, deve haver a separação dos materiais como acabamos de comentar; porém, pela dificuldade que esta atividade representa, seus custos finais acabam se elevando muito, seja mediante uma separação manual, feita por catadores, ou por processos mecânicos, automatizados, que existem apenas nas maiores empresas recicladoras. A outra possibilidade, muito utilizada em todo o mundo é a destinação final dos resíduos em aterros sanitários. Esta opção é normalmente interpretada como a pior forma, ambientalmente falando, de destinação do lixo, porém esta visão não é, necessariamente, de todo verdadeira.

Os aterros sanitários, quando são adequadamente construídos e gerenciados, atendendo a todas as certificações ambientais, absorvem grande parte do volume total de lixo descartado. Esse lixo, conforme as camadas de cobertura de terra e de lixo vão se intercalando, fermenta, produzindo grandes volumes de gases, principalmente o metano e o butano. Este gás pode ser captado, armazenado e utilizado como combustível para veículos automotores, sistemas de aquecimento e transformação de energia mecânica em energia elétrica. Isso significa considerável quantidade de recursos para a utilização humana, pois deixam de ser demandados dos sistemas tradicionais, representando uma grande economia e uma melhor utilização e aproveitamento do lixo que continuaremos a produzir. A utilização desses gases produzidos pelo lixo, além das vantagens e

recursos que acabamos de mencionar, apresenta um risco muito importante para o meio ambiente. São esses tipos de gases que mais contribuem para o efeito estufa em nosso planeta, gerando o aquecimento global, tão discutido e polemizado nas diversas mídias. Assim, eliminando esses gases, aproveitando-o para nosso uso, ou simplesmente queimando-os, evitamos seus efeitos nocivos sobre a atmosfera da Terra.



Figuras 107 e 108 – A manutenção de aterros em sobrelotação também contribui como ameaça ao equilíbrio térmico do planeta - efeito estufa.

O espaço físico para estes aterros sanitários se mostra cada vez mais restrito pelo expressivo crescimento das metrópoles e, na maioria das vezes, é também problemático, pois devem se situar distantes das cidades, por razões óbvias, mas próximas o suficiente para que os custos econômicos e ambientais representados pelo transporte não inviabilizem todo o sistema. Esses espaços, depois de utilizados como aterros sanitários por um certo período de tempo, podem ser devidamente tratados e serem utilizados para outros fins, como por exemplo, a implantação de indústrias, parques e áreas de lazer para a comunidade, ou ainda, se transformar em florestas nativas ou produtivas através de diferentes modelos de reflorestamento.

Conforme já mencionamos, o montante de lixo produzido, não consegue ser totalmente reciclado; por diversos motivos, o processo de reciclagem consegue aproveitar apenas um determinado percentual do lixo total, o restante deve ser de alguma forma descartado. Considerando a complexidade do tema e todas as suas implicações que já analisamos, não existirá somente uma solução para resolver nossos problemas com o lixo, mas um conjunto de medidas que devem, aos poucos, aumentar o grau de consciência da sociedade e, funcionando em conjunto,

aproveitar de melhor forma todos os recursos representados pelo lixo. É o modelo de uma gestão integrada de resíduos que tem se desenvolvido muito rapidamente, e conta com a participação de diversos profissionais, de muitas áreas, e um grande envolvimento de todos os setores envolvidos na questão do lixo, enfim, a sociedade como um todo.

Um último aspecto que devemos tratar para cobrir todos os possíveis fluxos do lixo é a questão do lixo orgânico que, nas cidades, é constituído principalmente de sobras de alimentos provenientes das casas, restaurantes e da própria indústria alimentícia, além das aparas de árvores dos parques e jardins espalhados pela cidade que são coletadas pelas prefeituras. Todo esse material orgânico representa um volume considerável do total de lixo e pode ser totalmente aproveitado, quando houver um descarte adequado. A compostagem é o processo que transforma o lixo orgânico em adubo natural para ser usado em plantações de alimentos, parques e jardins, ou ainda, nos hortos florestais para a preparação de mudas de árvores e nas próprias áreas reflorestadas. As áreas verdes, por sua vez, contribuem bastante para a qualidade de vida dos moradores das cidades, ajudando a controlar o clima, filtrando o ar por meio da fotossíntese e ainda prendendo o carbono da atmosfera em seu organismo, atividade mais conhecida com o termo, sequestro de carbono ou a melhor forma de neutralização dos impactos ambientais.

## 5.5

### **A minimização de recursos nos ciclos de vida e na indústria. A ferramenta LCA, seu uso e suas questões**

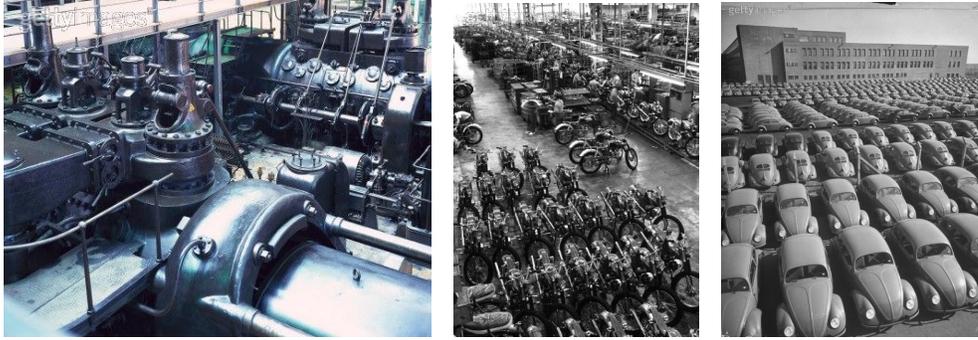
A busca por um modelo de desenvolvimento que pretende ser sustentável, respeitando o meio ambiente e as comunidades de todo o planeta passa, obrigatoriamente, pela questão de como a nossa sociedade se relaciona com os diversos produtos industrializados, com a maneira como eles são produzidos e utilizados e, por fim, a forma como eles são tratados no momento em que deixam de atender plenamente aos desejos de seu usuário, ou seja, o seu fim de vida.

Estes ciclos de criação, desenvolvimento, produção, distribuição, utilização e descarte ocorrem com absolutamente todos os produtos produzidos pelo homem, mas até recentemente, não se prestava atenção aos diversos impactos

e danos causados por essas atividades ao meio ambiente e à população durante todas as fases deste ciclo. A fase do descarte e toda a problemática relacionada ao lixo, o fim da vida dos produtos é o momento em que começamos a perceber o mais visível destes impactos, ou seja, o volume de lixo que produzimos e o enorme desperdício de matérias-primas que ele representa. De fato, somos uma sociedade que desperdiça recursos e muita energia nos processos produtivos e na fase de uso dos objetos.

O modelo capitalista de sucesso, vinculado à grande abundância material e somado a uma sociedade moldada para o consumo, gerou um modelo de desenvolvimento que não se importava muito com o desperdício. Este era visto apenas como parte de todo o processo, uma perda inerente ao modelo de industrialização e desenvolvimento que adotamos. A visão e este tipo de postura ocorre predominantemente nos países altamente desenvolvidos, os ditos países “vencedores” cujo maior ícone são os EUA, com sua eterna batalha para manter seu estilo de vida, o modelo “*american way of life*” de consumo.

Outros países industrializados, mas que sofreram conseqüências de guerras ou catástrofes naturais, perdendo considerável parte de seus setores industriais e da infra-estrutura básica, aprenderam a aproveitar melhor, de maneira mais racional e atenta cada recurso, material ou energia, aprimorando e remodelando todas as fases de seu processo produtivo. Países como o Japão e a Alemanha, que foram devastados nas grandes guerras mundiais e que, durante muitos anos, tiveram que pagar as restituições de guerra, tendo de, ao mesmo tempo, reconstruir toda a infra-estrutura avariada e seu parque industrial, hoje são potências industriais mundiais, de reconhecidas competências e qualidades. Com todas as retaliações e dificuldades, eles tiveram de desenvolver sua indústria com poucos recursos, utilizando como diferencial e motivação a inteligência, a racionalidade e a eliminação de qualquer forma de desperdício em seus processos.



Figuras 109, 110 e 111 – O desenvolvimento da indústria nos países envolvidos com as grandes guerras se deu de maneira bem mais racional e consciente, já que os recursos eram escassos.

Estas atitudes de economia, que nestas circunstâncias se faziam obrigatórias, seja de matéria-prima, de energia, água ou qualquer outro tipo de recurso, se tornaram fatores preponderantes para uma intensa revitalização da indústria desses países, porém em novas bases e com novas referências.

Tudo o que se mostra hoje mais econômico, em quase qualquer ponto de vista, é também mais ecológico e voltado a sustentabilidade, é o que chamamos atualmente de minimização de recursos ou, redução, de maneira mais ampla, sendo este um aspecto importante dentro dos vários abordados pela LCA (*Life Cycle Assessment*), ou avaliação do ciclo de vida, e pelo LCD (*Life Cycle Design*), ou design para o ciclo de vida.

Como ciclo de vida, entendemos portanto, a totalidade das atividades relacionadas ao produto, não apenas na sua principal fase, o momento do uso ou, sua vida útil, mas também no momento em que será substituído (sua morte), e ainda, nas fases anteriores à sua utilização, seja na fase de projeto e definições, na extração das matérias-primas envolvidas em sua produção, ou no transporte que ocorre em várias destas fases. Tudo o que está relacionado direta ou indiretamente ao objeto industrializado faz parte de seu ciclo de vida, incluindo a maneira com que será comercializado, o seu sistema de embalagens, ou os meios de distribuição e estocagem.

Para *Ezio Manzini*, que analisa amplamente e de forma muito clara e objetiva a questão da sustentabilidade e dos processos produtivos, sob o ponto de vista de um designer, o ciclo de vida de um produto se refere às trocas que acontecem entre o próprio produto e todo o ambiente a sua volta, e deve ser

interpretado em relação à movimentação dos fluxos de matéria, energia e emissões, durante toda sua vida.

*“Podemos, portanto, contar toda a vida de um produto como um conjunto de atividades e processos, cada um deles absorvendo uma certa quantidade de matéria e de energia, operando uma série de transformações e liberando emissões de natureza diversa.” (MANZINI & VEZZOLI, 2005, p:91)*

A avaliação do ciclo de vida (LCA) abrange uma grande quantidade de variáveis complexas, dependendo, naturalmente, do tipo de produto que se está investigando.

A análise do ciclo de vida de um automóvel, por exemplo, é muito mais complexa do que a análise do ciclo de uma embalagem. Há uma grande diferença nesses exemplos, a maior fase e, sem dúvida, a mais significativa do ciclo de vida de um automóvel é a sua utilização, que pode durar muitos anos e demanda, neste período, o consumo de muitos outros recursos e produtos para o seu funcionamento. A fase do uso gera também uma série de resíduos sólidos e líquidos como os fluidos lubrificantes e hidráulicos, pneus, baterias e todo o tipo de peças de reposição, sendo que muitos destes resíduos representam elevados riscos de contaminação e poluição do meio ambiente, sem falar na emissão dos gases de efeito estufa na atmosfera. Estes muitos produtos que são utilizados e têm o seu propósito de existência diretamente vinculados ao funcionamento ou manutenção de outros produtos de maior complexidade podem ser entendidos como sendo ciclos de vida adicionais ao do primeiro produto, o mais complexo. Para uma análise minuciosa do ciclo de vida (LCA) deste objeto complexo, todos esses impactos ambientais adicionais, dos outros objetos que existem em sua função, somam-se, ou pelo menos, deveriam se somar ao ciclo de vida do produto complexo, fazendo com que as previsões, os cálculos e estimativas de definição dos impactos, se tornem ainda mais complexas e difíceis de se realizar.

Já para uma embalagem de refrigerantes, seja em PET, vidro ou alumínio, a maior fase de seu ciclo de vida ocorre na distribuição e no estoque. O momento de seu consumo, que é muito rápido, representa então a sua morte, seguido pelo seu descarte. Por sua vez, o processo de reaproveitamento e reciclagem de uma

embalagem de refrigerantes é muito mais rápido e fácil do que o de um automóvel, que é constituído de inúmeras peças, dos mais variados materiais e em volumes consideravelmente maiores. São ciclos de vida completamente diferentes e de tal forma devem ser tratados, considerando sempre os mais diversos aspectos de sua interação com as pessoas e o meio ambiente, enfim toda a sua existência. Esta comparação pode parecer descabida por utilizar exemplos tão diferentes e distantes na cadeia produtiva, mas nos mostra, também, a grande variação que pode ocorrer nos valores e na importância relativa de uma fase específica do ciclo de vida dos objetos dentro de uma LCA.



Figuras 112, 113 e 114 – Comparação da reciclagem de automóveis e de embalagens PET.

Desde o início da década de 1990, vem aumentando o grau de conscientização das sociedades e a conseqüente preocupação da comunidade científica, da população e da própria indústria para com a poluição e todas as questões relacionadas ao ambiente em que vivemos. Por meio de um aumento no grau de consciência ecológica e da preocupação com a sustentabilidade de nossas atividades e interferências na natureza, surgem novos parâmetros para o sistema produtivo, e novos critérios para analisar e avaliar estas atividades.

A busca por um modelo de produção limpa, sustentável e correta levou, inicialmente, a um conceito muito difundido, o da qualidade total. A partir da difusão deste conceito, criou-se procedimentos, parâmetros e especificações que regulam as atividades da indústria ou comércio, e que acabou gerando diversos tipos de certificação, como por exemplo as normas ISO 9000 e ISO 14000, entre muitas outras difundidas e utilizadas no meio produtivo. O desenvolvimento deste tipo de certificação exige um posicionamento claro das empresas para com os diversos atores de seu processo produtivo, juntamente com a criação dos vários selos de conformidade industrial, levaram, aos poucos, a elaboração da ferramenta

de análise e avaliação do ciclo de vida dos produtos, conhecida como LCA. Estas ferramentas vieram se desenvolvendo ao longo dos anos e ainda hoje são alteradas e re-configuradas para poder se adequar às diversas situações possíveis em um estudo mais profundo que possa se apresentar.

Os próprios objetos de estudo podem ser tão diferenciados que necessitam de critérios variáveis para fazer adequações e chegar a um resultado palpável, que possa ser posto em prática. Muitas das referências e critérios necessários para uma boa avaliação dos impactos ambientais no ciclo de vida de algum produto, são, de fato, muito difíceis de se definir na fase de projeto. Uma análise deste tipo deve avaliar as diversas alternativas ou possíveis soluções ainda em grau reduzido de definição e detalhamento. Nestes momentos entram em jogo as decisões que, obrigatoriamente, se deve fazer no decorrer do processo de desenvolvimento de produtos. Estas decisões, por sua vez, adquirem caráter político pois simplificam o julgamento de cada proposta de modo a conseguir atender a todas elas num período de tempo aceitável, de acordo com o cronograma do projeto. Os parâmetros utilizados para a escolha e as decisões podem variar muito de acordo com o ponto de vista e os valores pessoais do profissional que conduz o processo de avaliação, daí a importância de haver isenção por parte deste profissional em relação à empresa ou processo específico que esteja sendo avaliado. É uma prática que admite um considerável grau de imprecisão e depende de muita subjetividade para poder se desenvolver de maneira a auxiliar o projeto de qualquer produto ou serviço.

Atualmente a melhor forma de se manter um complexo e intrincado sistema de produção funcionando perfeitamente e da forma mais sustentável possível, é o controle absoluto de tudo o que ocorre em todas as etapas do processo, da criação, passando pela utilização e até o reaproveitamento pós-descarte. Felizmente podemos contar com computadores avançados e *softwares* especialmente desenvolvidos para fazer este tipo de controle delicado e completo de todos os *inputs* e *outputs* para cada fase particular do processo.

Existem hoje diversos *softwares* para a LCA desenvolvidos por empresas, escolas, centros de pesquisa e outros institutos espalhados pelo mundo. Em todos eles temos abordagens diferenciadas para as questões, mas todos visam o levantamento de dados e informações que sirvam de parâmetros para todo o tipo de decisões que possam vir a ser tomadas para atingir o melhor e mais sustentável

modelo de desenvolvimento e utilização possível. Alguns destes *softwares* como o *REStar* (*Green Design – Carnegie Mellon University. USA*), o *DFE* (*Design for Environment – Boothroyd, Dewurst Inc. USA* e *TNO, Institute of industrial Technology, Holanda*) e o *Recovery* (*Remanufacturing Cost Optimization Via Extended Reuse and Disassembly – IPA, Instituto de Frankfurt*) pretendem analisar o ciclo de vida dos produtos considerando seus materiais, a sua forma de desmontagem, a possibilidade de ser remanufaturado e a reciclagem dos materiais, levantando em conta os benefícios ambientais e econômicos de cada caso.

Outros deles como o *Ronda* (*Recycling Oriented Database Analysis – IPA, Frankfurt*) e o *Recreation* (*Recycling Resources And Technologies Information, também do IPA, Frankfurt*) entre muitos outros, fornecem dados relacionados aos processos de fabricação, fornecedores, desmontagem e os diferentes níveis para a reciclagem, partindo de um banco de dados próprio.

Existem ainda os *softwares* para a seleção de materiais e processos de baixo impacto ambiental que avaliam as diversas características físico/químicas, mecânicas, de custos e ambientais de cada material avaliado, montando um diagrama a partir de um extenso banco de dados próprio, para facilitar as escolhas de projeto, como é o caso do *IDEmat* (*TU – Delft, Holanda*) (MANZINI & VEZZOLI, 2005, p: 314 e 315) e dos produtos da *Granta Material Intelligence* (*Cambridge - UK*) como o *CES Selector*, o *Granta MI*, o *Reference Data*, entre muitos outros ainda em fase de desenvolvimento.

Todos estes *softwares* auxiliam as equipes de projeto a fazer suas escolhas e tomar decisões, apoiados em uma LCA que atende a critérios previamente definidos e permite o desenvolvimento do projeto sob a ótica do LCD (design para o ciclo de vida).

## 5.6

### O ecodesign, o LCD e a perspectiva para o futuro

O Ecodesign é a nomenclatura que se utiliza para um tipo específico de projeto ou processo de desenvolvimento de design, em que todos os requisitos projetuais e os atributos do objeto estão diretamente relacionados e em total acordo com os diversos parâmetros ecológicos, atendendo a modelos de produção limpa, responsável e considerando todo o ciclo de vida do objeto, de modo a

proporcionar uma relação sustentável com a sociedade, o meio ambiente e justificando, assim, sua existência.

Outros termos como o DFE (*Design For the Environment*) e o LCD (*Life Cycle Design*), que em português significam, respectivamente, Design para o Meio Ambiente, e Design para o Ciclo de Vida, são muito utilizados nas publicações e pesquisas relacionadas aos temas da produção, design e sustentabilidade. Embora tenham significados bastante semelhantes e relacionados, o DFE poderia ser explicado com a definição que acabamos de colocar para o que chamamos Ecodesign. Naturalmente, o LCD, como atividade intelectual e prática, está inserido dentro do conceito de Ecodesign, que se caracteriza por uma maior abrangência em relação a todo o projeto e considerando, inclusive, o Design para o Ciclo de Vida (LCD) em suas análises e definições de projeto.

Segundo a definição de Ezio Manzini e Carlo Vezzoli, o objetivo do LCD (*Life Cycle Design*) é:

*“... reduzir a carga ambiental associada a todo o ciclo de vida de um produto. Em outras palavras, a intenção é criar uma idéia sistêmica de produto, em que os inputs de materiais e de energia bem como o impacto de todas as emissões e refugos sejam reduzidos ao mínimo possível, seja em termos quantitativos ou qualitativos, ponderando assim a nocividade de seus efeitos”.* (MANZINI & VEZZOLI, 2005, p: 100)

Este é, sem dúvida, o modelo de projeto e desenvolvimento de produtos e serviços que devemos adotar daqui para frente. Todos os parâmetros, requisitos e referências devem ser considerados simultaneamente nas fases de projeto. A grande dificuldade é justamente conseguir gerenciar toda essa pesquisa e atribuir importâncias relativas para cada mínima e específica etapa da conceituação, uso, distribuição, manutenção, descarte e reaproveitamento, de forma que toda esta análise gere referências reais relativamente sólidas e confiáveis para balizar o desenvolvimento do objeto que está sendo projetado.

Nas fases iniciais de projeto, na conceituação do design e na definição dos atributos e necessidades do objeto, é que se estabelecem os níveis de impactos

ambientais relativos a cada fase do ciclo de vida do produto. Questões como a facilidade de montagem e desmontagem do produto, definições de quais processos produtivos serão utilizados, de como será embalado, distribuído e comercializado, devem ser cuidadosamente avaliadas e tratadas já nas fases iniciais do projeto. Uma boa avaliação desses elementos irá interferir decisivamente nas proposições e direcionamentos fundamentais do projeto, alterando consideravelmente o resultado/produto/objeto resultante deste intenso trabalho.

*“...uma análise adicional do DFE, é o fato de que essas soluções de design são freqüentemente mais seguras em virtude da redução do número de peças, mas a facilidade de manutenção pode diminuir por causa do aumento da complexidade e tamanhos destas peças. Se segurança e facilidade de manutenção não forem examinados cuidadosamente no estágio do design, a economia nos custos de fabricação usando o DFE pode ser comprometida pelo aumento de preço em garantias e serviços”.* (BILLATOS & BASALY, 1997, p: 254. livre tradução do autor)

Esta citação de Billatos & Basaly nos ajuda a explicitar a grande importância do uso de uma metodologia LCD no desenvolvimento de produtos e, frisa ainda, o cuidado especial que se deve ter nas fases iniciais do projeto e nas definições das metas ambientais a se atingir com o resultado final do processo. Esses mesmos autores propõem a análise de sete parâmetros necessários para o sucesso de um modelo de produção que pretende ser sustentável, parâmetros esses que veremos a seguir.

O primeiro dos sete parâmetros se refere à postura do fabricante em relação ao seu processo produtivo e ao desejo de modificar suas práticas visando um modelo ambientalmente mais correto de desenvolvimento e fabricação, buscando atingir a máxima eficiência e a sustentabilidade do sistema. Os processos dentro da fábrica devem seguir e respeitar uma **política geral da empresa** que estabelece e controla cada atividade, corrigindo constantemente as falhas que se apresentam e fiscalizando todas as fases da produção. O tratamento e destinação final de todos os resíduos são, normalmente, as primeiras preocupações que aparecem e seu combate representa valorização na imagem corporativa da

indústria, além de serem questões aparentemente fáceis de serem resolvidas. A partir do momento em que o fabricante tem a obrigação de controlar a produção, o descarte dos refugos e emissões provenientes de seu sistema produtivo, atendendo a diretrizes impostas pelo governo e instituições que fiscalizam e regulamentam as práticas fabris, cabe inteiramente a ele informar toda a sua equipe e promover as transformações que se mostram necessárias. Mas é fundamental, para o sucesso de um sistema de produção sustentável, que as atividades sejam o reflexo de uma conscientização verdadeira da empresa como um todo, e não, como é freqüente ocorrer, apenas para atender as exigências da fiscalização promovida pelos órgãos controladores. Com este tipo de postura, as práticas que geram impactos no meio ambiente podem ser mascaradas, escondidas, ou até mesmo, interrompidas durante o período de fiscalização, e depois de conseguirem a aprovação no processo, voltam a poluir sem nenhum peso extra na consciência. Isso acontece quando há a imposição de transformações no sistema, por meio de um organismo controlador, e não por verdadeiras preocupações ambientais e econômicas que sensibilizam os presidentes e diretores destas empresas. Felizmente, os órgãos e instituições fiscalizadoras têm desenvolvido suas técnicas de controle e aferição, bem como as metodologias de abordagem e tratamentos das questões.

Ainda quando a postura e as práticas visando uma melhoria no grau de eficiência ambiental dos procedimentos industriais é espontânea e verdadeira, é muito importante que esses valores sejam adequadamente transmitidos a todos os funcionários da empresa, bem como aos fornecedores e outros profissionais envolvidos em seu sistema de produção. A proposta deve ser passada para toda a corporação de forma eficaz para que esta nova mentalidade seja, de fato, adotada e levada a sério por todos os membros envolvidos.

Muitas empresas já incluíram alguns parâmetros “verdes” em sua política interna e buscam, com maior ou menor intensidade, atender aos requisitos ambientais adequados para o seu tipo de atividade. O uso de procedimentos corretos para o descarte dos resíduos, a procura por processos de reciclagem internos e a gerência integrada de todos os recursos já estão em prática em muitas empresas, porém, poucas delas conseguem incorporar esses valores em todas as fases do ciclo de vida dos objetos que produzem.

A utilização da LCA ainda não é uma prática comum nas empresas brasileiras, muitos ajustes ainda precisam ser feitos para adequar os seus

parâmetros à nossa realidade. De fato, como afirmam Manzini e Vezzoli: “*O Life Cycle Design, é muito mais avançado em termos de definição dos conceitos a serem seguidos do que em termos de aplicações práticas*”. (MANZINI & VEZZOLI, 2005, p: 104).

O segundo parâmetro trata dos custos do produto, calculados de modo a considerar os **custos para todo o ciclo de vida**. A prática tradicional da indústria exclui praticamente todos os custos representados pelo produto após o momento da venda ou, na maioria dos casos, após o seu descarte. Os custos ambientais nesta fase do ciclo de vida do produto, são ainda ignorados por muitos fabricantes e acabam sendo absorvidos por vários atores da sociedade, como o sistema de tratamento de lixo, os catadores e empresas recicladoras e o caso mais presente, quando tal custo é absorvido diretamente pelo usuário consumidor em suas taxas e impostos. O LCD propõe uma associação dos custos de todo o ciclo de vida, incluindo os impactos ambientais de todo o processo e a sua destinação final, ao valor de comércio dos objetos industrializados. As empresas que estão tomando a dianteira neste processo e agindo por conta própria para atender a estas novas normas, podem se preparar com mais antecedência o seu futuro, contornando as falhas de seus processos antes que essas sejam apontadas por órgãos fiscalizadores.

O terceiro parâmetro, que pode ser incorporado ao segundo, trata da aceitação das **responsabilidades ambientais** e os custos que as práticas corretas geram para a indústria. Os custos representados pelos impactos ao meio ambiente devem ser assumidos pelo fabricante e incorporados à contabilidade como parte do processo de produção do objeto.

O quarto parâmetro se refere à **otimização dos recursos** utilizados em todas as instâncias do processo de fabricação, distribuição e consumo. A otimização dos recursos já acontece com muitos fabricantes, mas normalmente não é avaliada em toda a sua extensão, não atendendo a todas as fases do ciclo de vida do produto. Podemos aqui associar o conceito de redução que explicamos anteriormente. Um exemplo deste tipo de otimização começa a ser difundido através de sistemas integrados de transportes mais eficientes para atender às crescentes exigências de organizações controladoras, estipulando médias de milhagem para cada veículo da frota das corporações e garantindo, desta forma, o uso racional desses veículos e do combustível que utilizam.

O quinto parâmetro coloca a preocupação com as **condições do trabalho**, não apenas no âmbito da fábrica, mas de todos os profissionais ou agentes que direta ou indiretamente participam do ciclo de vida do objeto. Aqui entram os diversos tipos de iniciativas para o desenvolvimento de ações sociais que têm aumentado consideravelmente sua atuação em grupos menos privilegiados ou excluídos do sistema “oficial” de produção.

O sexto parâmetro é na verdade o escopo do trabalho dos designers e projetistas de produtos, trata-se da **integração de todas as propriedades** do produto ao processo de concepção e desenvolvimento do mesmo. Esta integração é muito facilitada ou se tornou possível graças à utilização de sistemas complexos de monitoramento e controle de todas as fases do projeto, com o uso de softwares sofisticados para a avaliação e integração de todas as variáveis presentes no produto.

Por fim, o sétimo parâmetro se aplica na **facilidade de fabricação** do objeto industrial e é o resultado de um complexo planejamento estratégico dentro das normas e procedimentos estabelecidos pela política interna do fabricante. Este parâmetro está diretamente relacionado aos outros seis que vimos antes, no sentido em que visa a simplificação extrema do objeto, refletindo-se em todas as fases do ciclo de vida dele.

*“Os sete critérios propostos contribuirão para a melhoria geral do esforço de proteção ambiental tão necessário à construção de uma economia sustentável. O resultado líquido para o fabricante será um processo mais eficaz, graças a uma redução de perdas e danos na fábrica. Perdas que tradicionalmente não eram facilmente isoladas ou corrigidas e continuavam a se propagar. O nível de competição no mercado global de hoje garante que só o fabricante eficiente prospere.” (BILLATOS & BASALY, 1997, p: 254. livre tradução do autor)*

Como vimos, a transformação que devemos empreender em nosso modelo de produção e desenvolvimento é bastante profunda e complexa de se fazer. Graças à crescente sensibilização da sociedade para as questões ambientais, podemos ter esperanças de conseguir, num período de tempo razoável, atingir

grande parte das metas que um modelo de desenvolvimento sustentável nos impõe. O combate ao imediatismo predominante na mentalidade dos grandes industriais já começou e a cada dia se torna mais forte e estruturado. Esperemos que esta transformação ocorra de forma pacífica e sensível, e que neste processo sejam geradas relações mais éticas e conscientes de forma a contribuir para a construção de um novo modelo de sociedade. O Designer tem nesse processo um importante papel, cujo exercício está relacionado diretamente a uma formação teórica e prática que contemple esta perspectiva.