

**... Coleção UAB–UFSCar**

**..... Engenharia Ambiental**

· **Marilu Pereira Serafim Parsekian**

· **João Sérgio Cordeiro**

· **Introdução à Engenharia**  
· **Ambiental**





# **Introdução à Engenharia Ambiental**





**Reitor**

Targino de Araújo Filho

**Vice-Reitor**

Pedro Manoel Galetti Junior

**Pró-Reitora de Graduação**

Emília Freitas de Lima

**Secretária de Educação a Distância - SEaD**

Aline Maria de Medeiros Rodrigues Reali



**Coordenação UAB-UFSCar**

Claudia Raimundo Reyes

Daniel Mill

Denise Abreu-e-Lima

Joice Otsuka

Valéria Sperduti Lima

**Coordenadora do Curso de Engenharia Ambiental**

Luiz Márcio Poiani

UAB-UFSCar

Universidade Federal de São Carlos

Rodovia Washington Luís, km 235

13565-905 - São Carlos, SP, Brasil

Telefax (16) 3351-8420

[www.uab.ufscar.br](http://www.uab.ufscar.br)

[uab@ufscar.br](mailto:uab@ufscar.br)

**João Sérgio Cordeiro**  
**Marilu Pereira Serafim Parsekian**

# **Introdução à Engenharia Ambiental**

São Carlos  
2011

### **Concepção Pedagógica**

Daniel Mill

### **Supervisão**

Douglas Henrique Perez Pino

### **Equipe de Revisão Linguística**

Ana Luiza Menezes Baldin

Jorge Ialanji Filholini

Paula Sayuri Yanagiwara

Priscilla Del Fiori

Sara Naime Vidal Vital

### **Equipe de Editoração Eletrônica**

Christhiano Henrique Menezes de Ávila Peres

Izis Cavalcanti

Rodrigo Rosalis da Silva

### **Equipe de Ilustração**

Jorge Luís Alves de Oliveira

Priscila Alexandre

Thaisa Assami Guimarães Makino

### **Capa e Projeto Gráfico**

Luís Gustavo Sousa Sguissardi

# SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	9
---------------------------	---

## **UNIDADE 1: Homem e meio ambiente e Engenheiro**

1.1 Primeiras palavras .....	13
1.2 Problematizando o tema .....	13
1.3 Texto básico para estudo .....	14
1.3.1 Introdução .....	14
1.3.2 Homem e Natureza .....	17
1.3.3 Problemas ambientais críticos .....	19
1.3.4 Profissão: Engenharia .....	21
1.3.5 O ensino de Engenharia no Brasil .....	25
1.3.6 O histórico da Engenharia no Brasil .....	26
1.3.7 A Engenharia Ambiental no Brasil .....	28
1.4 Considerações finais .....	30
1.5 Referências .....	31

## **UNIDADE 2: Recurso água**

2.1 Primeiras palavras .....	35
2.2 Problematizando o tema .....	35
2.3 Texto básico para estudo .....	36
2.3.1 O recurso água .....	36
2.3.2 Aquíferos .....	42
2.3.3 Necessidade de tratamento de água para abastecimento humano .....	44

2.3.4 Geração de esgotos e poluição hídrica . . . . .	47
2.4 Considerações finais . . . . .	48
2.5 Referências . . . . .	49

### **UNIDADE 3: Recurso ar**

3.1 Primeiras palavras . . . . .	53
3.2 Problematizando o tema . . . . .	53
3.3 Texto básico para estudo . . . . .	53
3.3.1 Aspectos gerais . . . . .	53
3.3.2 Mudanças climáticas, efeito estufa, aquecimento global e escurecimento global . . . . .	56
3.3.3 Efeitos das mudanças sobre o Homem e o ambiente . . . . .	59
3.3.4 Outros problemas . . . . .	60
3.4 Controle da poluição do ar . . . . .	60
3.5 Considerações finais . . . . .	61
3.6 Referências . . . . .	62

### **UNIDADE 4: Recurso solo**

4.1 Primeiras palavras . . . . .	65
4.2 Problematizando o tema . . . . .	65
4.3 Texto básico para estudo . . . . .	66
4.3.1 Resíduos sólidos e disposição . . . . .	68
4.3.2 Atividade agroindustrial . . . . .	72
4.3.3 As queimadas e o solo . . . . .	73

4.3.4 Áreas contaminadas.....	74
4.4 Considerações finais.....	76
4.5 Referências .....	76

## **UNIDADE 5: Recursos energéticos**

5.1 Primeiras palavras.....	81
5.2 Problematizando o tema.....	81
5.3 Texto básico para estudo .....	82
5.3.1. Energia solar.....	86
5.3.2 Energia eólica.....	88
5.3.3 Energia do hidrogênio .....	89
5.3.4 Biomassa.....	90
5.3.5 Energia e as questões ambientais .....	91
5.4 Considerações finais.....	91
5.5 Referências .....	42

## **UNIDADE 6: Desenvolvimento sustentável**

6.1 Primeiras palavras.....	95
6.2 Problematizando o tema.....	95
6.3 Texto básico para estudo .....	96
6.4 Considerações finais.....	99
6.5 Referências .....	100





## APRESENTAÇÃO

Caro leitor,

A questão ambiental tem conquistado mais espaço no meio técnico, empresarial, político e econômico. A sua importância é sentida por toda a sociedade com as modificações dos recursos naturais. São cada vez mais crescentes notícias sobre poluição dos corpos d'água, enchentes, desmoronamentos de encostas, contaminação das águas subterrâneas, poluição do ar e do solo, aquecimento global, chuva ácida, entre outros eventos.

A Engenharia Ambiental é um ramo da Engenharia que estuda os problemas ambientais de forma integrada nas suas dimensões ecológica, social, econômica e tecnológica com vista a promover o desenvolvimento sustentável.

Com visão holística, o engenheiro ambiental tem papel importante na busca de soluções para esses problemas, participando de ações de planejamento, projeto, avaliando os impactos gerados pelos empreendimentos e buscando preservar e conservar o meio ambiente com o objetivo de garantir que as gerações futuras possam usufruir desses recursos e ter qualidade de vida.

A disciplina Introdução a Engenharia Ambiental introduz elementos conceituais sobre meio ambiente, Engenharia e sustentabilidade que permitem caracterizar a Engenharia Ambiental e mostra ao aluno suas áreas de atuação.

Encontram-se, neste material, abordagens com enfoque mais geral, com intuito de levantar questionamentos, cabendo aos interessados se aprofundar no tema de interesse.

A busca por conhecimento é sempre muito enriquecedora.

Boa leitura!



---

# **UNIDADE 1**

Homem e meio ambiente e Engenharia

---





## 1.1 Primeiras palavras

As relações do Homem com a Natureza são fortemente ditadas pela continuidade e manutenção da vida. O Homem necessita de ar, água, abrigo e alimentos para que minimamente mantenha sua qualidade de vida.

O entendimento dessas relações é de fundamental importância para todos os indivíduos, em especial para o engenheiro ambiental, pois a solução de vários problemas decorre dessas relações que compõem a área de atuação desse profissional.

A Engenharia tem como característica principal a transformação. Esse fato pode ser verificado nas várias ações necessárias ao Homem, desde a definição e a forma de sua moradia. Além disso, o Homem é um ser que tem necessidade de se locomover, exigindo formas de transportes das mais variadas.

Com o crescimento populacional cada vez mais acelerado, o esgotamento de recursos é um fato indiscutível. Assim, o papel do engenheiro ambiental é cada dia mais abrangente. Ele deve buscar soluções adequadas para reparar problemas anteriores ou prevenir o acontecimento de novos problemas..

## 1.2 Problematizando o tema

A necessidade de água, ar, alimentos e abrigo faz com que o Homem busque retirar do meio ambiente os recursos fundamentais para manutenção da qualidade de vida.

Neste sentido, as fontes de água superficiais – rios e lagos – e subterrâneas – lençóis freáticos e artesianos – devem estar em condições de serem utilizadas de forma a não provocar doenças. O mesmo ocorre com o ar e o solo. Assim, a manutenção da qualidade desses recursos exige conhecimento e profissionais das mais variadas áreas, entre eles o engenheiro ambiental.

Os problemas ambientais são hoje cada vez mais complexos devido a ações tanto do Homem comum como de atividades industriais, domésticas, de serviços, governamentais, entre outras. Neste sentido, os engenheiros, como grandes transformadores do ambiente, devem estar suficientemente preparados para enfrentar tais problemas. O entendimento da Natureza e de suas relações com as Ciências Físicas, Químicas, Biológicas e correlatas requer um profissional de Engenharia Ambiental muito bem formado.

## **1.3 Texto básico para estudo**

### **1.3.1 Introdução**

A evolução da sociedade mundial a partir do início do século XX empreendeu novas sistemáticas de visão do mundo. A dinâmica de crescimento populacional tem exigido que cada vez mais se tenha noção das condições de utilização de recursos naturais para a obtenção de bens de consumo.

Nesse contexto, a necessidade de conhecimento das interrelações existentes entre os vários atores que direta ou indiretamente participam das discussões sobre o tema ambiental tem aumentado em virtude da demanda por melhor entendimento dos problemas e alternativas que conciliam crescimento quantitativo e crescimento qualitativo.

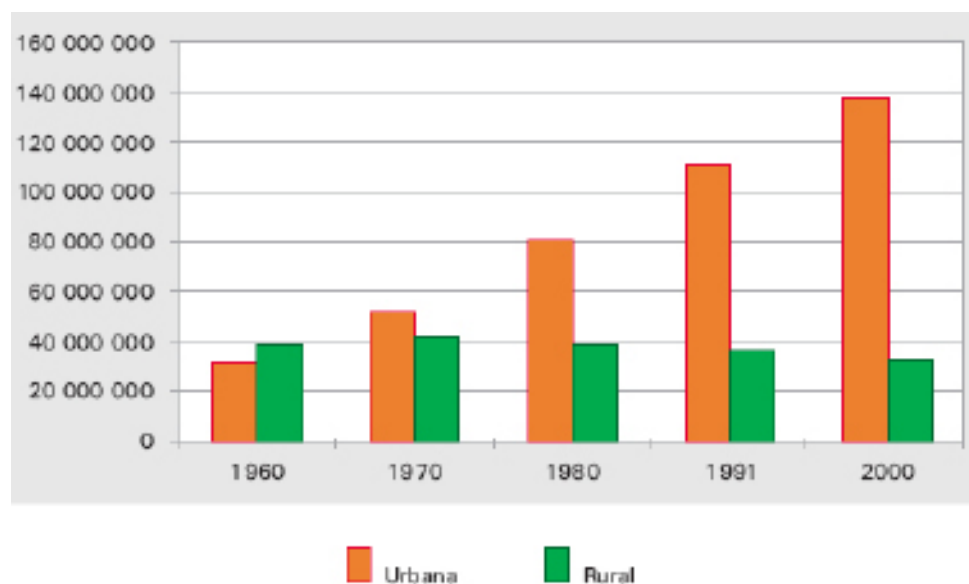
O conhecimento sobre Engenharia, gestão e ambiente é cada vez mais necessário na busca por soluções que garantem mais qualidade de vida para o Homem sem causar prejuízos à população – prejuízos, como, por exemplo, a ocupação desordenada de áreas, utilização inadequada dos recursos naturais, entre outras ações que contribuem para ocorrência de catástrofes.

Alguns dados são interessantes e devem ser conhecidos para que se possa entender a forma com que o Homem e a Natureza têm se relacionado nas últimas décadas. A dependência do Homem dos recursos água, ar e solo é indiscutível, e a forma de “retirar” e utilizar esses recursos exige posturas diferentes para o Homem do terceiro milênio. O século XXI, iniciado recentemente, trouxe consigo novos e preocupantes desafios, principalmente quanto à questão ambiental. Durante o século XX, a revolução industrial imprimiu novos conceitos sociais e econômicos, fazendo com que vários aspectos relacionados à saúde humana melhorassem. Dessa forma, a expectativa de vida nos países desenvolvidos cresceu. A mortalidade infantil, no entanto, mantém-se em níveis elevados, notadamente em países subdesenvolvidos e em desenvolvimento.

A rápida evolução tecnológica também tem sido responsável por bruscas mudanças na forma de buscar a tão sonhada qualidade de vida. A evolução da

população e a inserção geográfica da mesma têm provocado alterações sensíveis na forma de ocupação do solo.

No Brasil, em 1950, 75% da população ocupavam as áreas rurais. A partir da década de 1970, teve início a inversão das áreas ocupadas, sendo que, em 2000, as áreas urbanas eram habitadas por 75% da população, como mostra a Figura 1.1. Além desse aspecto, o crescimento populacional tem se mostrado intenso no mundo e inclusive no Brasil. O Brasil, campeão mundial de futebol em 1970, era de 90 milhões e, no ano 2000, cresceu mais de 80 milhões, atingindo, em apenas 30 anos, 170 milhões de pessoas:



**Figura 1.1** Distribuição percentual de população rural e urbana no Brasil (IBGE, Censo Demográfico 1960-2000)

Os hábitos e costumes também têm sido modificados, fazendo com que a estrutura de industrialização se modifique. Em apenas alguns anos, o mercado de alimentos e produtos de limpeza e higiene passou a utilizar embalagens que se modificam e tornam a vida aparentemente mais confortável. No entanto, esse fator tem revelado um problema que se agrava, pois cada habitante produz diariamente de 800 g a 1000 g de resíduos sólidos. O que fazer com tantos resíduos?

Os mananciais de água para consumo humano têm se mostrado cada dia mais frágeis, pois as ações do Homem, tanto nas áreas urbanas como nas rurais – plantações com uso de pesticidas e fertilizantes –, têm provocado a alteração da qualidade de suas águas, implicando, muitas vezes, tecnologias de tratamento mais sofisticadas, com elevação do custo da água tratada para manter o padrão de potabilidade e, mesmo assim, ainda podendo não garantir a saúde da população.



A globalização é outro fator que tem polarizado ações negativas sobre o meio ambiente, de modo que também engendrou preocupações importantes quanto ao destino próximo do mundo. Derrubada de florestas, incêndios, inundações, exaustão de certos recursos naturais, assoreamento, poluição e contaminação de cursos d'água, efeito estufa e diminuição da camada de ozônio são alguns dos problemas a serem enfrentados.

A questão ambiental constitui-se hoje numa área multidisciplinar e transdisciplinar, fazendo com que os problemas tenham de ser equacionados por equipes com ampla visão sistêmica e holística sobre o mundo atual. Assim, profissionais de várias áreas devem mudar seu foco de visão, ampliando a percepção das ações do Homem sobre o meio ambiente.

A série de Normas ISO 14000 condiciona novas tendências de mercado internacional. As preocupações com o meio ambiente demonstradas nas normas ISO iniciaram-se em 1943, com normas sobre: acústica (TC – Comitê Técnico 43); qualidade do ar, em 1971 (TC-146); qualidade da água, em 1977 (TC-147); qualidade do solo, em 1985 (TC-190), e gestão ambiental, em 1993 (TC-207). As Leis n.º 9.433/1997 e 9.605/1998, chamadas respectivamente de Política de Recursos Hídricos e Crimes Ambientais devem estabelecer uma nova forma de intervenção nas relações entre setores produtivos e de serviços na sua forma mais ampla.

No século XX, houve uma intensa revolução nas estruturas de relação industrial. Esse século se caracterizou por eleger a indústria de transformação como a grande alavanca do desenvolvimento. Quanto a esse aspecto, pelos dados a seguir, pode-se ter uma idéia da evolução de várias questões mundiais. Assim:

- A população mundial aumentou seis vezes após o início da revolução industrial;
- No século XX, a economia global aumentou 20 vezes, e a utilização de combustíveis fósseis, 30 vezes;
- A produção industrial aumentou 100 vezes nos últimos 100 anos;
- 25% da população dos países industrializados consomem 80% da produção de bens de consumo;
- Um bilhão de pessoas vivem com menos de US\$ 1 por dia;
- 1,5 bilhão não dispõe de água tratada e dois bilhões não têm acesso à rede de esgotos;
- Cerca de 5 mil espécies são extintas por ano.

Diante desses números e porcentagens, as preocupações com os problemas ambientais ocorreram de maneira lenta, iniciando-se na metade do século XX. Nessa ótica, a visão do problema no Brasil teve início somente no final da década de 1960 e início da década de 1970.

As preocupações com as questões ambientais podem ser divididas em três etapas, segundo Barbieri (1997). No Quadro 1.1, apresenta-se um resumo das ações afetadas por essas etapas:

**Quadro 1.1** Etapas da percepção dos problemas ambientais no mundo (ID. IBIDEM)

Etapa	Visão
1	<b>Localizada:</b> ligada ao desconhecimento, ignorância ou negligência;
2	<b>Ampliação dos problemas:</b> reconhecimento da degradação ambiental como um problema mais amplo;
3	<b>Globalização dos problemas:</b> transcende fronteiras locais, estaduais, de países e continentes.

Nesse aspecto, a ampliação da visão depende de diversos fatores que estão ligados pela percepção dos problemas de uma maneira sistêmica. Até o início de 1970, a consciência das questões ambientais no Brasil era extremamente pequena. Assim, a Engenharia desenvolvia suas atividades tanto de formação como na solução de problemas alheia às questões ambientais, reforçando as colocações mencionadas por Barbieri (ibidem).

### 1.3.2 Homem e Natureza

O entendimento ambiental deve ser precedido do conhecimento do significado real de Natureza. Segundo o dicionário Houaiss (2001), “Natureza vem do latim ‘Natura’ e está ligada ao ato de nascer, nascimento”. Assim, a relação do Homem com a Natureza deveria estar em consonância com o nascimento. Analisando o atual estágio dessa relação, pode-se perceber que a mesma tem se dado de forma inversa. Isso mostra que essa relação pode estar ligada intimamente à morte.

Entre as necessidades básicas do Homem e principalmente do Homem no início do século XXI, podem-se destacar aquelas mostradas no Quadro 1.2:

**Quadro 1.2** Necessidades do Homem para manutenção e melhoria da qualidade de vida.

Necessidade	Recursos necessários
Alimentação	Ampliação das fronteiras agrícolas e da pecuária - água para irrigação, derrubada de florestas, uso de defensivos e fertilizantes, entre outros;
Habitação	Ampliação das áreas urbanas – ocupação desordenada de encostas e fundos de vale. Aumento da demanda por materiais empregados na construção civil, como tijolos, cimento, areia, terra, entre outros;
Energia	Construção de barragens (água), ampliação de plantações de cana e soja – energia renovável –, retirada de reservas de petróleo – energia não renovável – e construção de usinas de energia nuclear. Necessidade de pesquisa sobre novas fontes de energia;
Água	Abastecimento humano e industrial, recreação, geração de energia, irrigação, navegação, diluição de despejos, preservação da fauna e da flora e aquicultura;
Educação	Conhecimento, ação e evolução;
Lazer	Saúde mental e física;
Segurança	Alimentar, patrimônio, saúde e pessoal;
Conforto	Necessidades ligadas à cultura de cada povo;
Saúde	Completo estado de bem-estar físico, social e mental (ONU);
Transporte	A movimentação de pessoas para o trabalho, lazer e negócios.

Todas essas necessidades exigem cada vez mais dos recursos naturais. A ampliação de áreas agricultáveis – alimento e energia – tomam lugar de florestas. Somada à ocupação inadequada de áreas de fundo de vale e encostas, a queima de combustíveis fósseis, além de contribuir com o aquecimento global – efeito estufa –, tem levado a desastres de grandes proporções.

O engenheiro, como grande transformador do ambiente, deve estar atento às suas ações para que sejam de mínimo impacto negativo ao ambiente. Dessa forma, conhecer a atuação do engenheiro e sua relação com o ambiente é fundamental.

A formação do engenheiro ambiental, ademais, deve ter uma amplitude que permite a esse profissional ser capaz de entender com competência os problemas advindos de ações negativas de outros profissionais da Engenharia, atuar de maneira preventiva em projetos ou ainda de agir de forma complementar em projetos de Engenharia.

Para tanto, deve ficar claro que o engenheiro ambiental necessita de uma formação ampla. Assim, os conhecimentos necessários envolvem áreas das mais diversas, podendo ser citadas:

- Matemática;
- Física;
- Química;
- Português;
- Biologia.

Os conhecimentos adquiridos nessas áreas formam a base fundamental para que o futuro engenheiro ambiental tenha melhor desempenho nas disciplinas de formação técnica no decorrer do curso. Assim, o aluno deve se dedicar ativamente no sentido de construir esse embasamento.

### 1.3.3. Problemas ambientais críticos

O mundo vive um momento crítico em relação às questões ambientais. O crescimento populacional, aumento da utilização de combustíveis fósseis, avanço tecnológico, crescente ocupação de áreas inadequadas, elevado nível de extração mineral e a expansão das fronteiras agrícolas são algumas das causas de problemas relacionados ao meio ambiente. A seguir, são listados alguns problemas decorrentes dessas ações:

- Geração de resíduos industriais e domésticos;
- Desmatamento de florestas;
- Poluição das águas;
- Poluição do solo;
- Poluição do ar;
- Efeito estufa;
- Aquecimento global;
- Chuva ácida;
- Destruição da camada de ozônio;
- Escurecimento global;
- Erosão;
- Enchentes;
- Etc.

Os problemas listados devem ser equacionados de forma sustentável para novos e antigos empreendimentos. Dessa forma, as empresas devem cada dia mais estar atentas às questões ambientais e sociais. O engenheiro ambiental possui um amplo campo de atuação. No entanto, esse futuro exige uma nova postura de entendimento das relações Homem-Natureza.

A solução para esses problemas exige posturas que envolvem uma visão moderna sobre as questões ambientais. Dessa forma, é fundamental o estudo de temas como:

- 3 Rs;
- Sustentabilidade;
- Produção Mais Limpa (P+L);
- Responsabilidade social;
- ISO 14000.

As questões ambientais e sociais têm cada dia mais uma visão diferenciada. As questões econômicas passam a valorizar de forma mais efetiva as questões ambientais. Como exemplo, pode ser citado o DJSI (Índice DowJones de Sustentabilidade), criado em 1999. Por meio desse índice, a bolsa de valores de Nova Iorque, nos Estados Unidos, avalia o nível da performance ambiental das empresas. Esse índice vem desde 1999 permitindo que empresas ambientalmente sustentáveis possam ser mais valorizadas economicamente.

Assim, uma empresa incluída como “Member of DJSI” tem vários benefícios, entre os quais destacam: benefícios financeiros e reconhecimento público de liderança estratégica nas áreas ambiental e social. Em 2008, 320 companhias do mundo inteiro, atuantes em 19 setores diferentes – bancário, químico, automobilístico, serviços públicos, petróleo e gás –, eram membros do DJSI. Entre os membros, podem-se citar oito empresas brasileiras, a saber: Aracruz, Bradesco, Itaú Holding Financeira, Cemig, Itaú Investimentos, Petrobras, Usiminas e Votorantim Celulose e Papel.

Inspirado no índice DowJones, a Bovespa (Bolsa de Valores de São Paulo) instituiu o ISE (Índice de Sustentabilidade Empresarial). Esse índice foi formulado com base no TBI (Triple Botton Line), que avalia, de forma integrada, as dimensões econômico-financeiras, sociais e ambientais das empresas. Nesse índice, consideram-se quatro blocos de critérios desenvolvidos pelas empresas:

- Políticas;
- Gestão;

- Desempenho;
- Cumprimento Legal.

Todas essas ações evidenciam a nova visão do mundo. Os ganhos ambientais passam a ser colocados de forma positiva ou negativa no balanço das empresas. Dessa maneira, a necessidade de profissionais com formação adequada é cada vez mais necessária.

As questões ambientais se tornaram um novo e complexo desafio para a sociedade moderna, tanto que o Prêmio Nobel da Paz de 2007 foi destinado a Al Gore, ex-vice-presidente dos Estados Unidos, e ao IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, na sigla traduzida de inglês para português) por suas ações em defesa do meio ambiente.

### 1.3.4 Profissão: Engenharia

A definição de Engenharia no Brasil foi elaborada em 1993 pelo Prof. Dr. José Roberto da Silva, da UFSCar (Universidade Federal de São Carlos), no Estado de São Paulo, que diz o seguinte:

*Engenharia é a arte profissional de organizar e dirigir o trabalho do Homem, aplicando conhecimento científico e utilizando, com parcimônia, os materiais e as energias da Natureza para produzir economicamente bens e serviços de interesse e necessidade da Sociedade dentro de parâmetros de segurança (SILVA, 1993, p. 11).*

Essa definição foi adotada pelo Crea (Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia) e, até o momento, é a que tem sido utilizada nos meios profissionais.

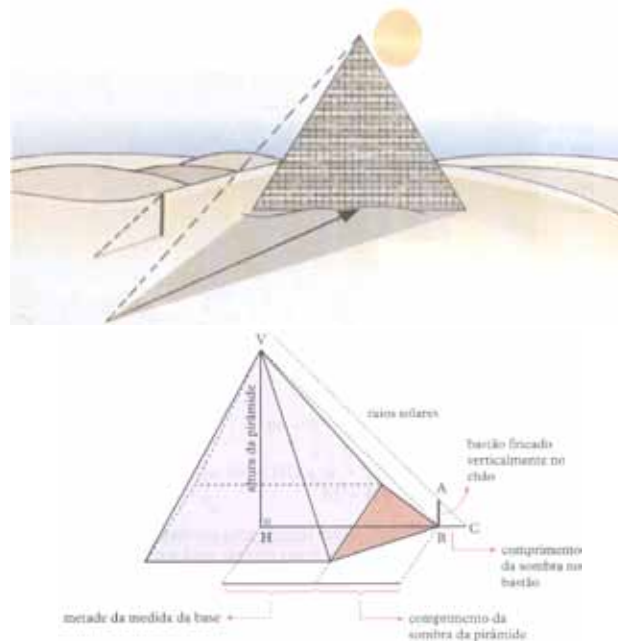
O engenheiro está ligado diretamente à Ciência, seja ela nova ou velha. A Velha Ciência pode estar longe de ser ultrapassada. Assim, o conhecimento científico é a base de atuação do engenheiro. O papel fundamental do engenheiro é utilizar o conhecimento desenvolvido para a melhoria da sociedade.

A Engenharia se constitui em fator decisivo para a evolução de um povo. Analisando o processo histórico, verifica-se que o Homem busca a cada dia a melhoria da qualidade de vida. A curiosidade inerente a ele, no entanto, faz que a satisfação com as conquistas nunca seja suficiente.

Dentro do processo histórico, o homem das cavernas já buscava formas de proteção, comunicação e alimentação que possibilitavam ao mesmo conquistar novas metas de evolução. Esse aspecto se estende de forma decisiva ao

longo dos tempos, e o espírito científico aflora em obras que mostram o papel fundamental da forma de “engenheirar”. Nesse aspecto, juntando perseverança e habilidade, os homens passaram a dominar técnicas de Engenharia que, até o dia de hoje, se constituem em “mistérios”.

Nos anos 3.000 a.C., os egípcios já dominavam as técnicas de construções em pedras, erguendo grandes templos. A Grande Pirâmide, o túmulo do Faraó Quéops, que foi construída em torno de 2.600 a.C., tem se destacado como uma das maiores obras do mundo antigo e continua a maravilhar seus visitantes. Nessa evolução do conhecimento, conta-se que Tales de Mileto, que viveu por volta de 600 a.C., foi desafiado a medir a altura da pirâmide e, utilizando seus conhecimentos matemáticos, conseguiu alcançar seu intento. Na Figura 2.1, pode-se observar um esquema da Pirâmide de Quéops:



**Figura 1.2** Esquemas da Grande Pirâmide, construída por volta de 2.600 a.C. (disponível em: <[www.bepeli.com.br/arte\\_egipcia\\_monumentos.htm](http://www.bepeli.com.br/arte_egipcia_monumentos.htm)>. Acesso em: 11 mar. 2009)

Segundo Furnas & McCarthy (1982), a construção dessa obra se constituiu em grande desafio, pois não havia a roda nem cavalos domesticados, que surgiram somente 800 anos depois. Esses aspectos mostram como a obra foi desafiadora e os responsáveis tiveram de buscar soluções extremamente complexas.

A Pirâmide de Teotihuacana no México data de 2.100 a.C. e também possui estruturas fabulosas, com soluções inventivas para abastecimento de água, coleta de esgotos e coleta de águas pluviais.

A grande muralha da China (Figura 1.3), iniciada pelo imperador Chin Chi Wang Ti no início do século III a.C., também se constitui em um dos grandes exemplos da Engenharia antiga:



**Figura 1.3** Muralhas da China (disponível em: <[http://lucianadeabreu.no-ip.org:8080/amadis/media/thumb.php?frm\\_image=2456&action=library](http://lucianadeabreu.no-ip.org:8080/amadis/media/thumb.php?frm_image=2456&action=library)>. Acesso em: 21 jan. 2009)

Ao longo do tempo, esses conhecimentos sofreram grande evolução, principalmente em função das necessidades fundamentais do Homem, tais como moradia, abastecimento de água, energia, produção de alimentos e transporte. Um exemplo dessa busca está nos aquedutos. Essas estruturas surgiram em 2.300 a.C., na Mesopotâmia, e 2.000 a.C., no Egito, e posteriormente foram aperfeiçoadas pelos romanos. Muitas dessas obras se mantêm até os dias de hoje, como pode ser observado pela Figura 1.4:



**Figura 1.4** Aquedutos romanos: sistema de abastecimento de água de 2000 a.C. (disponível em: <[www.klepsidra.net/klepsidra6/arqueologia.html](http://www.klepsidra.net/klepsidra6/arqueologia.html)>. Acesso em: 21 jan. 2009)

O papel do engenheiro na sociedade sempre foi fundamental para o avanço do Homem. A profissão de engenheiro, por meio de estudos formais, teve início na França, em 1747, e a primeira escola de Engenharia foi a Escola Nacional de Pontes e Canais, em Paris, onde os profissionais eram militares que se



responsabilizavam pela construção de obras públicas de interesse do Homem. Em meados de 1800, abriu-se a possibilidade de civis cursarem esses estudos, fazendo surgir, assim, a Engenharia Civil. Hoje, no Brasil, existem mais de 50 modalidades de Engenharia, que formam profissionais com os mais variados perfis.

O papel do engenheiro ao longo dos tempos foi de transformação do ambiente. Assim, em qualquer tempo, o engenheiro deve possuir competências e habilidades que lhe permitem responder à sociedade de forma a buscar melhoria da qualidade de vida. No entanto, esse profissional deve conhecer um leque de conteúdos, tais como:

- **Materiais:** características, resistência, comportamento, propriedades, entre outros aspectos, são fundamentais na formação do engenheiro;
- **Energia:** os aspectos energéticos são fundamentais na transformação, transporte, mobilidade de pessoas e matérias. Além disso, o mundo moderno tem várias exigências, incluindo habitação, em que aspectos energéticos são essenciais;
- **Transporte:** o Homem, via de regra, se constitui em um ser que sempre busca conquistas. Isso se reflete desde a história antiga, em que, na busca de impérios, o engenheiro precisou conhecer o transporte de pessoas e materiais – sólidos, líquidos e gasosos – em diferentes meios – abertos ou fechados;
- **Comunicação:** pode ser realizada de várias formas. Assim, o engenheiro deve conhecer desenho – forma de comunicação com clientes, sociedade e colaboradores; expressão escrita, oral – conhecer a língua pátria – e expressão em outros idiomas – mundo globalizado; mídias modernas – computador e controle de imagens;
- **Meio ambiente:** relações ambientais entre os vários recursos utilizados na transformação – água, solo e ar. Para que a população possa morar, se alimentar, beber, vestir, transportar, aquecer, refrescar etc. existe a necessidade de se apoderar de recursos da Natureza, como, por exemplo, água e recursos minerais. Nessa busca, a transformação do ambiente de forma positiva e negativa ocorre de forma intensa, e o engenheiro deve ser competente para reduzir o uso dos recursos naturais, minimizar impactos negativos e buscar soluções adequadas;
- **Relações sociais:** as relações sociais são fundamentais na formação do engenheiro. Assim, disciplinas que ampliam a visão desse profissional se tornam de grande importância na sua formação;

- Gerência: as questões gerenciais se tornam cada dia mais necessárias nas interpelações que envolvem todo o conjunto de atores na solução de problemas. Assim, conhecer ferramentas de gestão de custos, de pessoas, de risco, entre outras, são imprescindíveis para uma boa formação em Engenharia.

Para que todos esses conteúdos sejam estudados, existe a necessidade de embasamento em áreas como Português, Matemática, Física, Química, Biologia, Informática e Desenho – linguagem gráfica. Dessa forma, a Engenharia do passado, a atual e do futuro sempre terá esse arcabouço de conhecimentos como elemento necessário. A grande mudança que hoje ocorre com alta velocidade diz respeito às metodologias a serem utilizadas e às ferramentas que se modernizam com rapidez.

Assim, os profissionais de Engenharia devem manter forte atualização em termos de conhecimentos e da tecnologia da informação.

### 1.3.5 O ensino de Engenharia no Brasil

O ensino de Engenharia e a regulamentação da profissão de engenheiro devem levar em conta as necessidades da nação e o bem-estar dos cidadãos. Nesse aspecto, o entendimento das relações inerentes a esse processo deve ser analisado e trabalhado de forma ampla para que os objetivos sejam estabelecidos e atingidos de forma efetiva.

O Brasil é um país de dimensões continentais, onde as necessidades e objetivos podem ser amplamente diferenciados. No entanto, a formação do profissional deve ser entendida como um processo que envolve inúmeros aspectos legais e formais, que são fundamentais para o entendimento do processo.

No Brasil, desde o início do ensino de Engenharia, que ocorreu no mesmo período em que nos países hoje desenvolvidos – a primeira escola formal de Engenharia, na França, data de 1747, ocorreram várias situações políticas que deixaram as questões de ensino talvez aquém do hoje desejado.

No entanto, vários aspectos do papel do engenheiro formado atualmente no Brasil devem ser discutidos. Nesse caso, não há possibilidade de generalização tanto das condições de ensino/aprendizagem como do exercício profissional estabelecido. Neste texto, busca-se discutir aspectos sobre a evolução do ensino de Engenharia no Brasil e seus efeitos na tão decantada globalização.

### 1.3.6 O histórico da Engenharia no Brasil

O ensino de Engenharia no Brasil teve seu início com D. Pedro II, por meio da Carta Régia de 15 de janeiro de 1699, que decretou a criação da primeira aula de Fortificação, para formação de engenheiros militares, ministrada por Gregório Henriques. No entanto, até o final do ano de 1700, não havia chegado de Portugal a mínima infraestrutura para atendimento a essas ações – livros, instrumentos necessários etc. Assim, durante quase um século, não houve possibilidade efetiva de se estabelecerem condições para o ensino efetivo.

Por meio da Carta Régia de 19 de agosto de 1738, foi formalizado o ensino militar, fixado em um mínimo de cinco anos. Nessa época, era comum que somente um professor assumisse todas as aulas. Somente em 1792, consolidou-se a Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho, graças à evolução dos estudos anteriores (PARDAL, 1985).

Em 1810, foi criada a Academia Real Militar, cujo objetivo era formar oficiais de Artilharia e de Engenharia e oficiais de classe de engenheiros geógrafos e topógrafos, que tinham a incumbência de dirigir obras de minas, caminhos, portos, canais, pontes, fontes e calçadas.

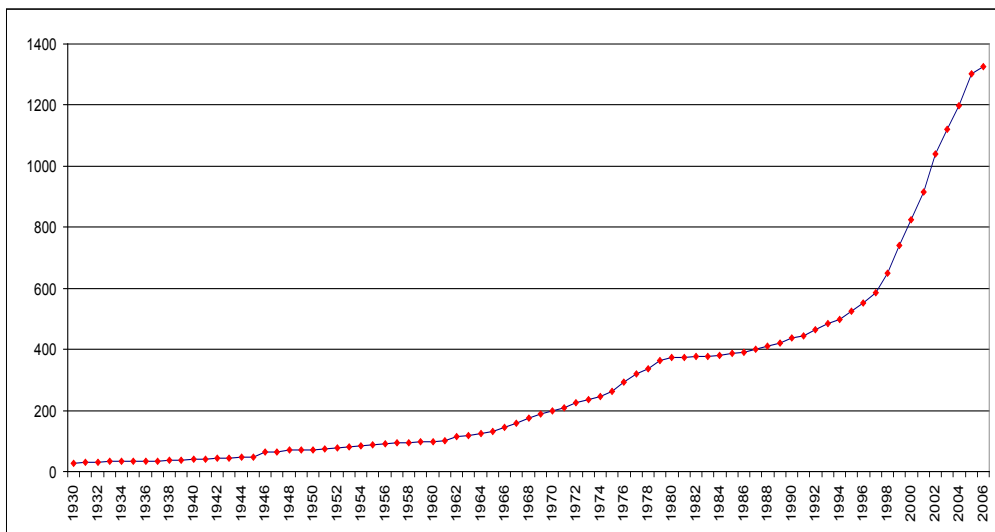
Nos últimos anos, mais de 300 novas instituições foram aprovadas no Brasil. Destas, a maioria é de natureza privada. Assim, os investimentos em Ensino Superior público têm sido extremamente baixos. Esse fato é reforçado quando se observam as 10 maiores instituições de Ensino Superior em número de alunos, evidenciando que sete delas são de capital privado, e três, universidades públicas, porém, dessas três, nenhuma pertence ao quadro federal.

O aparato legal que tem imprimido mudanças no sistema universitário brasileiro pode ser analisado a seguir. Nota-se que, nos últimos 10 anos, várias resoluções, leis e pareceres têm sido implantadas. Desde a LDB (Lei de Diretrizes e Bases) de 1995 até a sistemática de avaliação por meio da Lei n.º 10.861/2004, que institui o Sinaes (Sistema Nacional de Avaliação do Ensino Superior), também de 2004, várias ações de ordem legal foram tomadas no sentido de mudanças na educação em Engenharia:

- 1995: Nova LDB da Educação – Lei n.º 9.394/96;
- 1996: Parecer n.º 777/96 do CNE, publicado em dezembro de 1997;
- 1996/97: Instituição da Avaliação do Sistema de Ensino;
- 1997: Edital 04/97 do MEC (Ministério da Educação): convite às IES (Instituições de Ensino Superior) e segmentos da sociedade a contribuir para a elaboração das diretrizes;

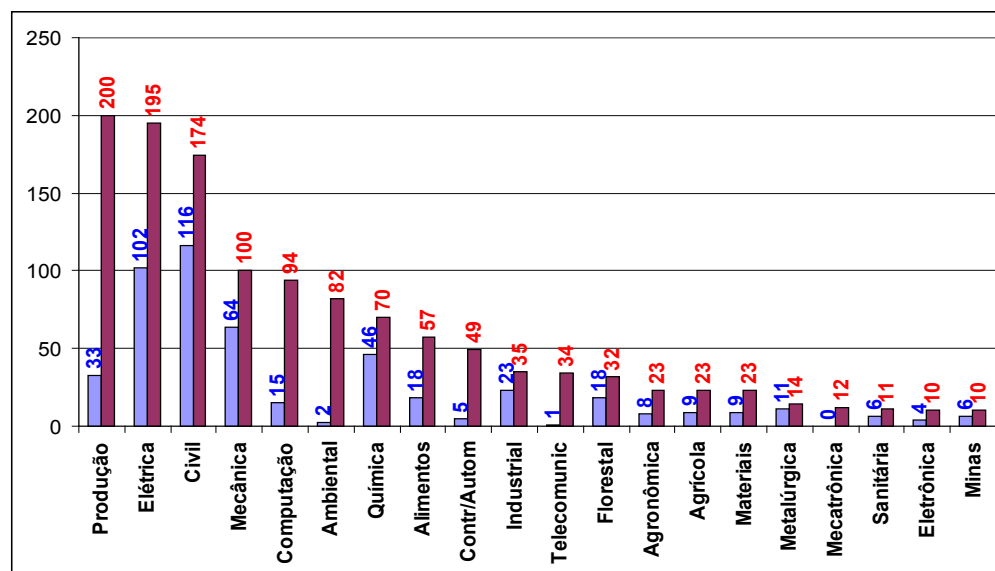
- 1998: Entrega no MEC das Propostas de Diretrizes Curriculares;
- 2002: Resolução CNE/CES: Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de Graduação em Engenharia, publicadas em 11 de março;
- 2004: Mudanças na avaliação do Ensino Superior (Sinaes) – Lei n.º 10.861.

A evolução dos cursos de Engenharia no Brasil teve crescimento acentuado nos últimos anos, como pode ser observado na curva da Figura 1.5. O número de cursos atingiu, no final de 2006, valores superiores a 1,4 mil nas mais diferentes modalidades. Segundo o Inep (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira) (apud OLIVEIRA, 2005), existem hoje, cadastrados junto ao MEC, cerca de 50 modalidades diferentes de cursos de Engenharia:



**Figura 1.5** Evolução do número de cursos de Engenharia no Brasil (OLIVEIRA, 2005)

Na Figura 1.6, pode-se analisar o crescimento dos cursos em relação às várias modalidades. Pode-se notar que, entre os anos de 1999 e 2005, alguns cursos explodiram, como os de Engenharia de Produção, de 33 para 200, e Engenharia Ambiental, de dois para 82:



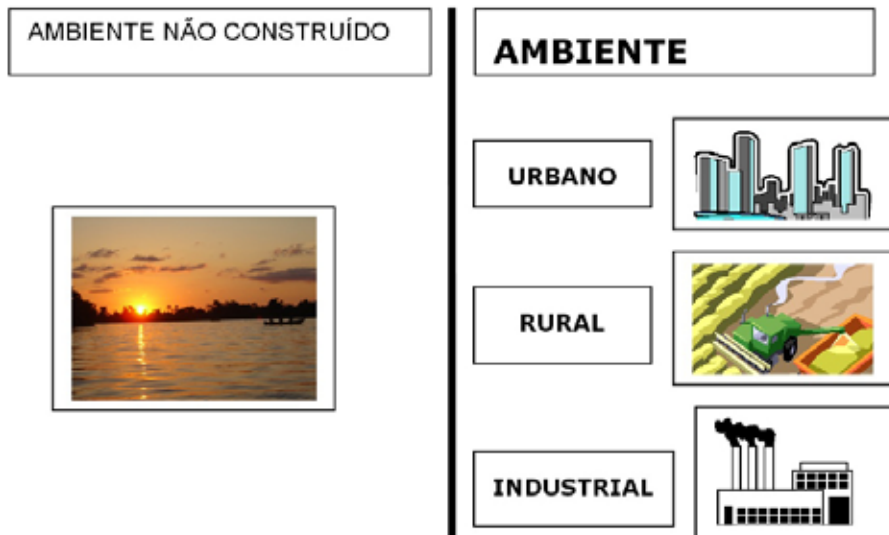
**Figura 1.6** Crescimento dos cursos por modalidade entre os anos de 1999 e 2005 (ID. IBIDEM)

Apesar dessa evolução, o Brasil ainda forma poucos engenheiros quando comparado aos países emergentes, como a China e Coreia do Sul. Para cada 100 formados no Ensino Superior em nosso país, somente oito fizeram Engenharia. Em outros países, esse número chega a passar de 20.

### 1.3.7 A Engenharia Ambiental no Brasil

A Engenharia Ambiental no Brasil teve início formal como modalidade em 1996, quando o MEC aprovou o curso ainda à luz da Resolução n.º 48/76. A partir de então, alguns aspectos da formatação desse curso nas várias instituições de ensino seguiram direções distintas. Assim, pode-se dizer que existem algumas concepções diferentes de cursos de Engenharia Ambiental.

Pode-se dividir a Engenharia Ambiental em dois grupos distintos. Pelo esquema da Figura 1.7, pode-se discutir esse aspecto:



**Figura 1.7** Formatação dos cursos de Engenharia Ambiental no Brasil (CORDEIRO, 2007)

Levando em conta a Figura 1.7, as instituições com cursos de Biologia, Ecologia e Engenharia Florestal têm construído estruturas curriculares que se aproximam dessas áreas, trabalhando, então, com ambientes não construídos. Já as instituições com cursos de Engenharia consolidados têm estruturas curriculares que podem ser distintas: instituições com cursos de Engenharia Civil têm aparentemente formado os cursos de Engenharia Ambiental voltada para o urbano. As instituições com cursos na área agrícola optam por estruturas curriculares para os cursos de Engenharia Ambiental com forte tendência rural. As instituições com Engenharia Química têm trabalhado com conteúdos que focam a área industrial.

Todas essas visões são importantes e precisam ser consideradas, pois o trabalho de Engenharia é constituído fundamentalmente de transformação. Estas ocorrem no solo, na água e no ar, os quais se constituem em elementos fundamentais para a sobrevivência do Homem.

Os recursos água, ar e solo possuem dinâmicas internas ao seu meio e fortes interações entre si. Dessa forma, a água se constitui num recurso que possui dinâmicas únicas e permite a vida nesse habitat. No entanto, o solo e o ar podem interagir de forma decisiva na qualidade da água. Isso significa que ações do Homem que podem provocar efeitos negativos em um dos recursos podem também estender esse prejuízo aos outros elementos.

Assim, o futuro engenheiro ambiental deve estar preparado para entender como ocorrem essas transformações para que as mesmas sejam realizadas com o mínimo de alteração dos recursos água, ar e solo.

## 1.4 Considerações finais

O Homem, de forma geral, sempre busca ampliar suas conquistas e fazer com que sua espécie se perpetue. Para tanto, tem utilizado os recursos naturais de maneira pouco inteligente, pois, nessa busca, tem se relacionado negativamente com a Natureza.

As necessidades humanas são grandes, e a Natureza é o grande sustentáculo da evolução humana. No entanto, a relação Homem-Natureza deve ser revista para que se possa avançar de forma sustentável. O papel da Engenharia, como grande transformadora da natureza, torna essas relações fortemente importantes. Os profissionais envolvidos nessa área de conhecimento devem estar preparados para enfrentar novos desafios, uma vez que a degradação ambiental pode transformar ambientes equilibrados em áreas pouco sustentáveis para o desenvolvimento humano.

A Engenharia Ambiental, avaliada em sua amplitude, necessita conhecer a intensidade das ações antrópicas ao longo do tempo para que os problemas ambientais sejam mitigados.

O profissional engenheiro, ao longo dos tempos, tem desenvolvido trabalhos que visam à melhoria da qualidade de vida da população. Essas ações estão ligadas à construção de moradias, sistemas de transportes, disponibilização de alimentos, fabricação de bens de consumo, entre outros. Todas essas ações exigem muito do meio ambiente. Dessa forma, todos os profissionais de Engenharia devem estar preparados para entender e conhecer mecanismos de controle ambiental.

No entanto, com a grande evolução do conhecimento, houve a necessidade de um profissional com competência para atuar de forma mais contundente sobre as questões ambientais. Assim, o profissional de Engenharia Ambiental deve ter uma forte base em Ciências Biológicas, Físicas, Químicas e Matemáticas. Além disso, deve dominar a língua portuguesa de forma a dotar esse profissional de flexibilidade verbal, oral e escrita, complementados pela expressão gráfica – desenhos, plantas, mapas, gráficos etc. – e informática, que são elementos fundamentais para a boa comunicação e interpretação.

O profissional da Engenharia Ambiental deve, então, ter competência para equacionar e resolver problemas ligados à questão ambiental de maneira que a qualidade de vida da população seja cada dia melhor.

## 1.5 Referências

BARBIERI, J. C. Desenvolvimento e meio ambiente. São Paulo: Vozes, 1997.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 1960-2000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 11 mar. 2009.

CORDEIRO, J. S. Introdução a Engenharia Ambiental I. Apostila do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Aberta do Brasil. São Carlos: UAB-UFSCar, 2007.

FURNAS, C. C.; McCARTHY, J. O engenheiro. Rio de Janeiro: José Olympio, 1982.

HOUAISS, A. Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001. Disponível em: <<http://biblioteca.uol.com.br/>>. Acesso em: 11 mar. 2009.

OLIVEIRA, V. F. Crescimento, evolução e o futuro dos cursos de Engenharia. Revista de ensino de Engenharia, Passo Fundo, v. 24, n.º 2, jul./dez. 2005. Disponível em: <<http://www.upf.br/seer/index.php/ree/issue/view/24/showToc>>. Acesso em: 11 mar. 2009.

PARDAL, P. Início do ensino de Engenharia Civil e da Escola de Engenharia da UFRJ. Rio de Janeiro: Construtora Odebrecht, CBPO, 1985.

SILVA, J. R. G. Uma definição formal para “Engenharia”. São Carlos: Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos, 1995.

### Sites visitados

<[www.bepeli.com.br/arte\\_egipcia\\_monumentos.htm](http://www.bepeli.com.br/arte_egipcia_monumentos.htm)>

<[http://lucianadeabreu.no-ip.org:8080/amadis/media/thumb.php?frm\\_image=2456&action=library](http://lucianadeabreu.no-ip.org:8080/amadis/media/thumb.php?frm_image=2456&action=library)> <[www.klepsidra.net/klepsidra6/arqueologia.html](http://www.klepsidra.net/klepsidra6/arqueologia.html)>





# **UNIDADE 2**

Recurso água





## 2.1 Primeiras palavras

A água se constitui em elemento fundamental para a vida. O Homem é constituído de cerca de 70% de água e, desde o início da civilização, ele sempre procurou estar próximo das coleções de água.

Hoje as necessidades de água no mundo moderno têm sido muito mais exigentes. Além disso, o crescimento da população tem feito com que cada dia mais o volume de água de boa qualidade seja necessário para atividades de alimentação, irrigação, uso industrial, entre outros. Os despejos, por sua vez, se tornam muito mais agressivos, poluindo a água.

## 2.2 Problematizando o tema

A disponibilidade de água em várias regiões do mundo tem se tornado um problema crucial. Tem-se percebido que, em algumas regiões, a escassez já é uma realidade. A ONU (Organização das Nações Unidas) tem acompanhado esse fato preocupante.

No Brasil, apesar da disponibilidade hídrica total ser elevada, em algumas regiões, a escassez já pode ser sentida com certa violência. O Estado de São Paulo possui somente 1,6% da água superficial em relação ao Brasil. Deve-se lembrar que o Estado possui 28% da população brasileira e parques industriais e agrícolas muito fortes. A geração de resíduos líquidos, por sua vez, é muito elevada, sendo lançada uma carga orgânica violenta.

## 2.3 Texto básico para estudo

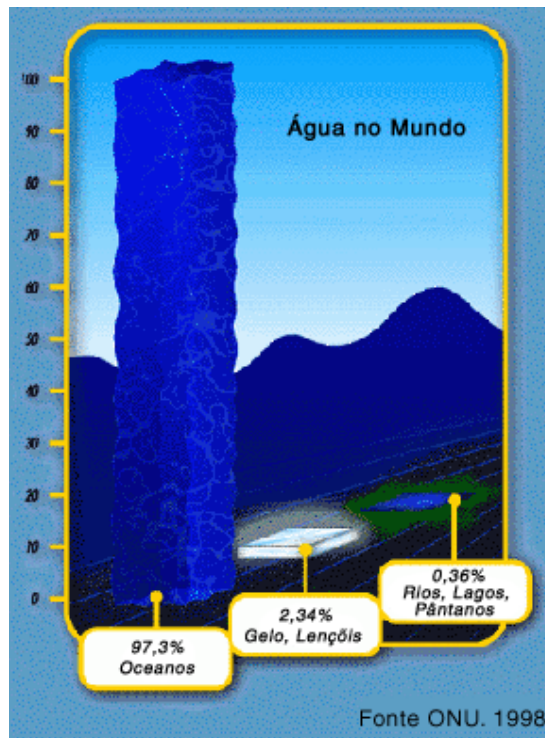
### 2.3.1 O recurso água

A água se constitui em recurso fundamental para a sobrevivência humana. Não existe vida sem água. Dessa forma, a água deve estar disponível em quantidade e qualidade necessárias para a sobrevivência do ser humano. No entanto, quando a água encontra-se em quantidade excessiva, ela pode significar muitos problemas para determinados locais. Assim, a água em quantidade e qualidade corretas significa vida. Em quantidade e qualidade erradas, no entanto, pode significar morte em alguns locais.

- Vida: a água é um bem indispensável para sobrevivência e manutenção da qualidade de vida de todo ser humano ou ser vivo;
- Morte: em qualidade inadequada, a água pode provocar doenças, e, em quantidade excessiva, pode provocar sérios desastres, como deslizamentos de terra, enchentes e inundação.



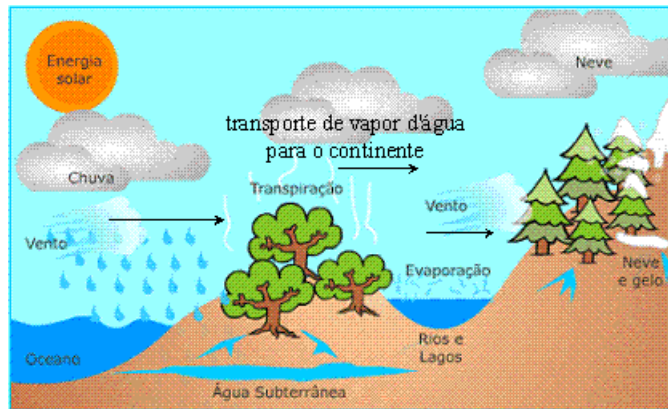
A água disponível para uso direto do Homem – água doce superficial – no mundo pode ser considerada como “pequena quantidade”, pois a maioria encontra-se nos oceanos – 97,3% é água salgada, geleiras e lençóis freáticos - 2,34%. Somente 0,36% dessa água se encontra em rios e lagos. Por meio do esquema da Figura 2.1, pode-se verificar essa distribuição:



**Figura 2.1** Distribuição da água presente na Terra (ONU, 1998)

O Brasil possui cerca de 13% de toda a água superficial presente no planeta. Dessa forma, pode-se considerar como sendo um país de grande privilégio. No entanto, aqui também existem problemas, uma vez que a grande concentração de água está na região Norte, onde existe uma população muito pequena. O Estado de São Paulo, por exemplo, com mais de 20% da população do Brasil, possui somente 1,6% da água superficial. Regiões metropolitanas, como São Paulo, Rio de Janeiro, Recife, Curitiba, entre outras, já enfrentam sérios problemas de escassez de água.

A dinâmica de movimentação da água pode ser explicada pelo ciclo hidrológico que se inicia na precipitação. A água, após tocar o solo, pode escoar superficialmente, infiltrar, evaporar ou sofrer evapo-transpiração através da vegetação. O esquema da Figura 2.2 ilustra esse ciclo:

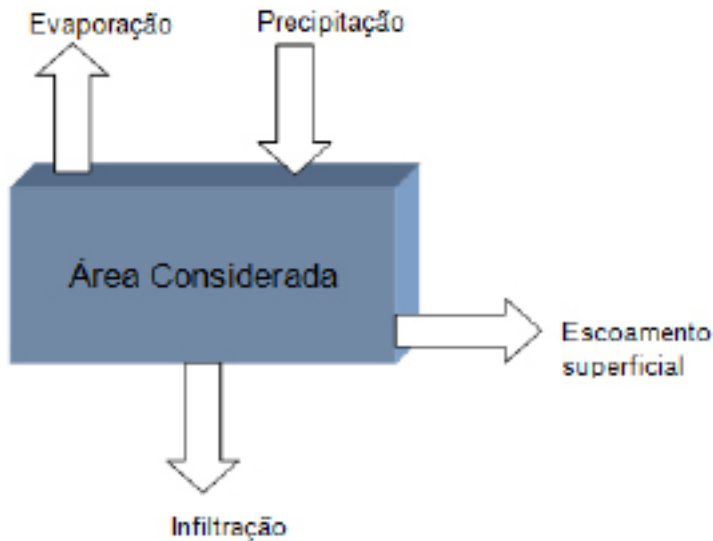


**Figura 2.2** Esquema do ciclo hidrológico (disponível em: <[www.usp.br/qambiental/tratamentoAgua.html](http://www.usp.br/qambiental/tratamentoAgua.html)>. Acesso em: 21 jan. 2009)

As necessidades de água para consumo humano, irrigação, lazer, transporte, higiene, matéria-prima de processos industriais, parte de insumo de processos, geração de energia, entre outros fins, faz com que esse recurso seja fundamental para a vida e também para produção de bens e alimentos.

As ações de Engenharia normalmente demandam grandes quantidades de água e influem sobremaneira no seu percurso natural. Assim, o engenheiro ambiental deve conhecer com profundidade a dinâmica de transporte, mudanças de estado, quantidade e qualidade da água presente nos vários ambientes.

A análise do ciclo hidrológico mostra que existe uma dinâmica de entrada e saída da água em determinada área – cidade, bacia hidrográfica, área agrícola, floresta, rios e oceanos. Considerando uma determinada área e por meio do ciclo hidrológico, pode-se perceber que as ações do Homem sobre esse sistema podem criar várias condições positivas e negativas. Se essa área for uma floresta ou uma área com vegetação, a remoção dessa vegetação poderá influir no balanço final (Figura 2.3):



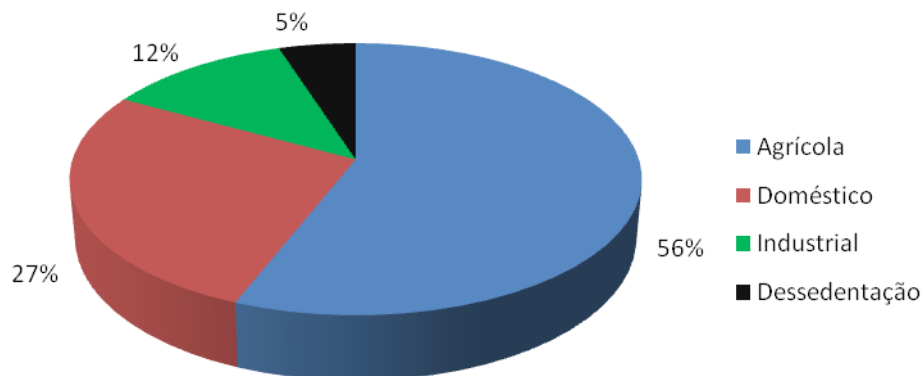
**Figura 2.3** Entrada e saídas da água em determinada área (CORDEIRO, 2007)

Como discutido anteriormente, a água pode significar vida ou morte dependendo de suas características e quantidades. Por meio dos dados seguintes, fornecidos pela McGill University (2001 apud Tundisi, 2003), podem-se observar situações ligadas às condições da água:

- O corpo humano é constituído de cerca de 70% de água;
- Aproximadamente 34 mil pessoas morrem por dia em consequência de doenças relacionadas à água;
- Segundo a ONU, 65% das internações hospitalares no Brasil se devem a doenças de veiculação hídrica;
- No Brasil, as perdas de água nas redes de distribuição variam de 30% a 65%;
- 9,4 mil l de água são necessários para produzir quatro pneus de um carro;
- Em muitos países do mundo, mulheres e crianças andam de 10 a 15 km por dia para obter água.

Um dos sérios problemas do século XXI diz respeito à disponibilidade de água para a população mundial. A água é consumida nas várias atividades descritas anteriormente. Por meio da Figura 2.4, podem-se analisar os consumos médios percentuais da água para as várias atividades:

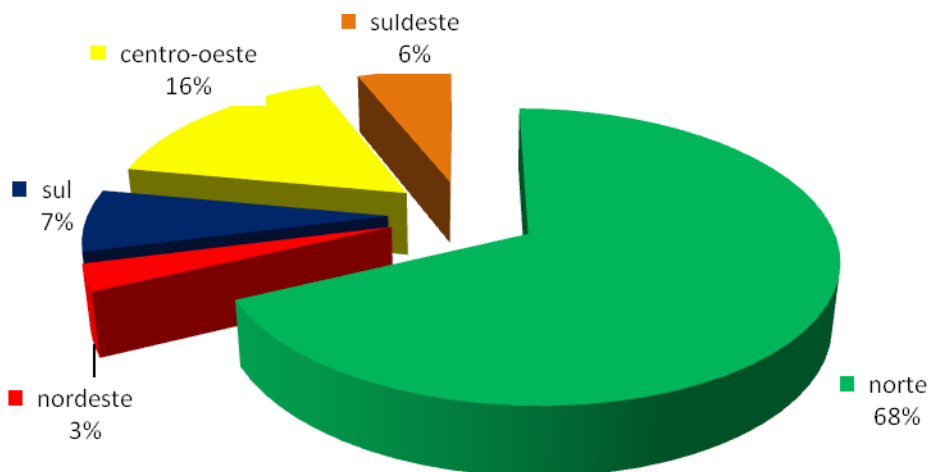




**Figura 2.4** Utilização da água por setor no Brasil em porcentagem (PIZELLA, 2006)

Pode-se verificar que o uso agrícola da água é extremamente representativo. Assim, quanto maior a população, maior a necessidade de alimentos, e as fronteiras cultiváveis precisarão ser expandidas. O Brasil, por sua vez, é um dos grandes exportadores de grãos, exigindo, então, forte uso de água.

Também na distribuição da água por regiões, o Brasil possui grande discrepância. Nas regiões com maior população, têm-se os menores volumes de água disponível. Esse fato pode ser observado na Figura 2.5 e Tabela 2.1:



**Figura 2.5** Distribuição percentual de água por regiões do Brasil (IBGE, Censo Demográfico 1980-2000)

**Tabela 2.1** Distribuição de água e da população por região do Brasil (ID. IBIDEM)

Região	% da população	% disponível de água
Norte	7,60	68
Nordeste	28,12	3
Centro-Oeste	6,85	16
Sudeste	42,63	6
Sul	14,79	7

Dessa forma, existem rios que se encontram em condições naturais com suas matas ciliares protegidas e em completo estado de manutenção da biodiversidade, como mostra a Figura 2.6:



**Figura 2.6** Curso d'água com as margens preservadas (CORDEIRO, 2008)

Já em locais com grande concentração populacional, os despejos de esgotos sanitários sem tratamento, a ocupação inadequada das margens dos rios e a remoção das matas ciliares fazem com que a degradação seja muito elevada, conforme ilustra a Figura 2.7. Essa degradação pode trazer consequência negativa para a saúde da população:



**Figura 2.7** Curso d'água poluído e com ocupação inadequada das margens (disponível em: <[g1.globo.com/.../0,,AA1343740-5598,00.html](http://g1.globo.com/.../0,,AA1343740-5598,00.html)>. Acesso em: 11 mar. 2009)

A necessidade de água para as várias atividades, como descrito, tem exigido da população, governantes e profissionais posturas mais críticas e éticas. Assim, o profissional de Engenharia deve cada dia mais estar em consonância com o meio ambiente. O profissional engenheiro ambiental deve, com maior

ênfase, conhecer formas de mitigação e adequadas maneiras de trabalhar com as questões da água.

A água é um elemento que se destina a diversos usos, podendo ser citados:

- Abastecimento humano;
- Limpeza e higiene;
- Lazer;
- Irrigação;
- Utilização em processos industriais;
- Navegação e transporte;
- Geração de energia;
- Dessedentação de animais.

Assim, a disponibilidade de água de boa qualidade e em quantidade adequada pode significar um ponto extremamente positivo para o desenvolvimento humano. Nesse contexto, as regiões com abundância de água têm boas chances de evolução.

### 2.3.2 Aquíferos

Os aquíferos constituem-se em fontes de água. Essas fontes podem ser superficiais ou subterrâneas dependendo da forma em que se encontram em relação ao solo. Os aquíferos superficiais, também chamados de livres, estão mais expostos às ações tanto do Homem como da Natureza. As ações humanas são mais problemáticas devido à possibilidade de lançamento de substâncias prejudiciais à saúde por meio de lançamentos de esgotos *in natura*, defensivos agrícolas, areia, resíduos de processos industriais, entre outras.

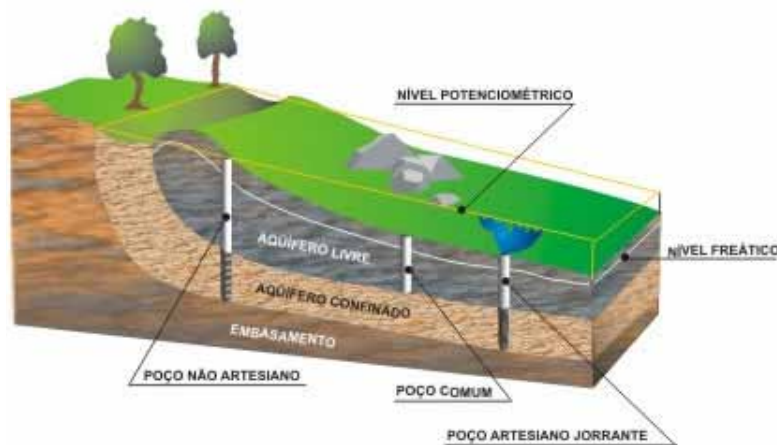
A resolução do Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente) n.º 357/2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água superficiais e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Considera-se que a classificação das águas doces, salobras e salinas é essencial para a defesa dos seus níveis de qualidade, avaliados por condições e padrões específicos de modo a assegurar seus usos preponderantes, devendo o enquadramento dos corpos de água estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade. Outro objetivo dessa resolução é controlar o lançamento de poluentes no meio ambiente, proibindo

o lançamento em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida. Esta resolução em 2008 teve algumas alterações e complementações no artigo 34 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes pela resolução 397. Já os aquíferos subterrâneos estão mais protegidos e podem ou não estarem confinados. Na Figura 2.8, apresenta-se um esquema dessas fontes:



**Figura 2.8** Esquema de aquíferos (BOSCARDIN BORGHETTI et al., 2004). Disponível em: <[www.sacrahome.com.br/.../aguas-subterraneas](http://www.sacrahome.com.br/.../aguas-subterraneas)>. Acesso em: 11 mar. 2009

A retirada de água dos aquíferos pode ser realizada de forma direta nos aquíferos livres ou superficiais, ou através de poços nos aquíferos subterrâneos. Na Figura 2.9, apresenta-se esquema dos tipos de poços para retirada de águas subterrâneas:



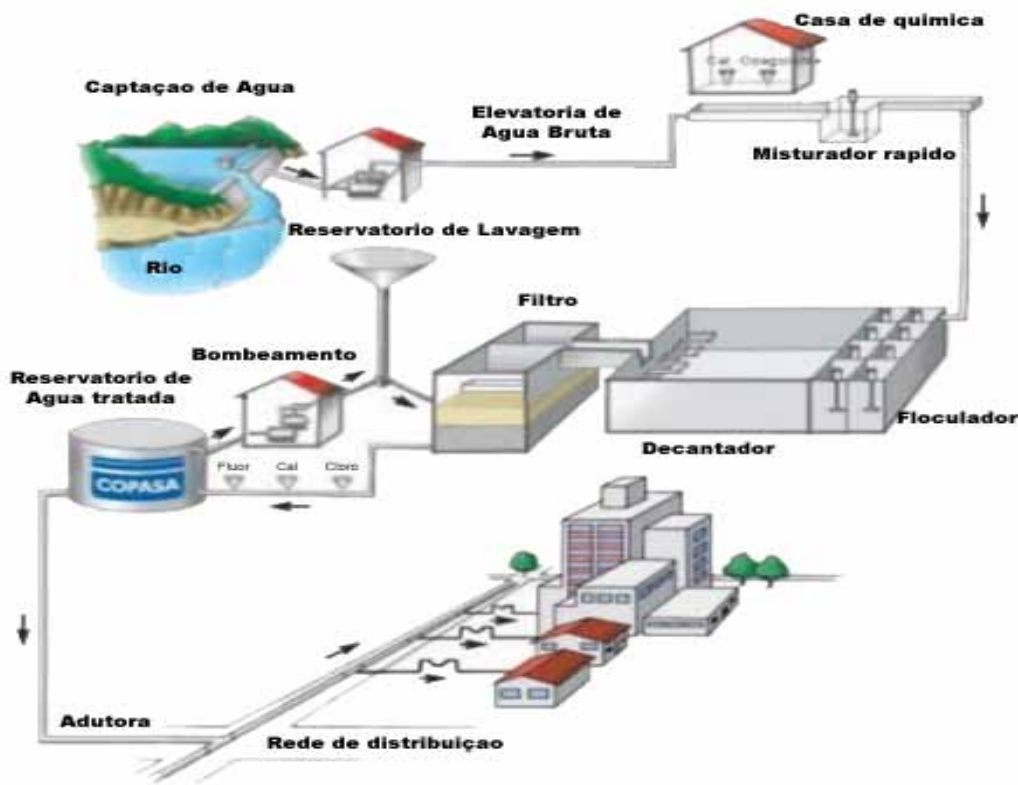
**Figura 2.9** Esquema de poços para retirada de águas subterrâneas (ID. IBIDEM). Disponível em: <[www.sacrahome.com.br/.../aguas-subterraneas](http://www.sacrahome.com.br/.../aguas-subterraneas)>. Acesso em: 11 mar. 2009

### 2.3.3 Necessidade de tratamento de água para abastecimento humano

A população tem necessidade de água de boa qualidade e em quantidade capaz de atender às questões de higiene, alimentação, limpeza, entre outros usos. Com o crescimento populacional e o adensamento dos centros urbanos, têm sido exigidas, cada vez mais, maiores quantidades de água. A quantidade de esgoto tem crescido na mesma proporção, além da ampliação das fronteiras agrícolas e águas residuais industriais. Esse aspecto tem proporcionado degradação intensa das coleções de águas superficiais.

Para a água ser consumida, ela deve estar dentro de padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde por meio da Portaria n.º 518/2004. Essa portaria fixa critérios de concentrações de determinadas substâncias que podem provocar efeitos negativos à saúde do Homem.

Assim, o tratamento de água deve ser capaz de remover quantidades excessivas dessas substâncias para que a água seja consumida de forma segura. Os engenheiros devem estar capacitados para projetar, operar e manter esses sistemas que funcionam 24 horas por dia, durante todo o ano. Esse sistema é composto por diversas partes. Em primeiro lugar, há necessidade de existir uma fonte ou manancial de onde a água será captada. Em seguida, ela deverá ser transportada até a ETA (Estação de Tratamento de Água). Depois de tratada, a água deverá ser reservada e distribuída para a população. Na Figura 2.10, pode-se observar o esquema de um sistema completo de abastecimento de água:



**Figura 2.10** Esquema de um sistema de abastecimento de água (disponível em: <[www.copasa.com.br](http://www.copasa.com.br)>. Acesso em: 11 mar. 2009)

O tratamento de águas superficiais exige a utilização de produtos químicos que são capazes de reagir com as partículas presentes na água, removendo-as. Esse processo faz com que as partículas indesejáveis presentes na água bruta - água sem tratamento - reajam com os produtos químicos utilizados no tratamento. Após a reação, essas partículas devem ser removidas em tanques especialmente projetados para esse fim. Esses tanques são denominados decantadores e filtros (Figura 2.10).

Assim, os decantadores e filtros retêm as partículas indesejáveis durante certo tempo para posteriormente serem removidas. Na Figura 2.11, pode-se observar como são removidas as partículas que ficam acumuladas nos decantadores em estações de tratamento de água:





**Figura 2.11** Remoção das partículas presentes na água bruta nos decantadores e filtros em ETAs (CORDEIRO, 1993)

O descarte desse resíduo deve ser realizado de forma a não criar problemas ambientais. No entanto, não é isso que se tem percebido no Brasil. Dessa forma, mais de 7 mil unidades de tratamento lançam, sem nenhum tratamento, toneladas de rejeitos, que comprometem a qualidade das águas superficiais, como mostrado na Figura 2.12:



**Figura 2.12** Lançamento de resíduos gerados em ETAs em águas superficiais (CORDEIRO, 1993)

Esse procedimento está totalmente em desacordo com a legislação vigente. Dessa forma, os responsáveis devem estar melhores preparados para enfrentar o desafio de gerenciar de maneira mais adequada esse problema.

Outras fontes fundamentais são os mananciais subterrâneos, águas presentes no subsolo. No Brasil, várias cidades utilizam essas águas para abastecimento e lazer. Cidades como Ribeirão Preto e Lins, no Estado de São Paulo, são totalmente abastecidas por mananciais subterrâneos. O Brasil possui um aquífero muito importante denominado Aquífero Guarani. Este cobre o subsolo de parte do Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai. Essas águas normalmente não necessitam de tratamentos sofisticados, podendo com uma simples desinfecção serem distribuídas à população. Entretanto, pesquisas

recentes registraram substâncias nocivas à saúde nessas águas em virtude do uso de defensivos no extensivo plantio de cana-de-açúcar da região, comprometendo assim, a qualidade do lençol freático.

O Aquífero Guarani possui quantidade elevada de água que tem sido utilizada para vários usos, podendo ser destacados o abastecimento público e lazer.

### 2.3.4 Geração de esgotos e poluição hídrica

Assim, a qualidade das águas presentes em rios e lagos tem piorado a cada dia. Os esgotos que se caracterizam por ser o pós-uso da água são constituídos de 99,9% de água e 0,1% de partículas. Essas partículas são decorrentes de material orgânico presente em restos de comida, fezes, urina e materiais resultantes de substâncias utilizadas na higiene e limpeza de pessoas, roupas e utensílios. Tais partículas, quando lançadas na água de rios e lagos, podem provocar um desequilíbrio na dinâmica da vida presente no ambiente aquático.

Outro grande desafio que se tem no Brasil hoje é que cerca de 80% do volume de esgotos sanitários gerados são lançados sem nenhum tratamento em águas superficiais. Esse fato tem provocado grande desequilíbrio ambiental, pois, com o crescimento populacional e a necessidade de quantidades cada vez maiores de água de boa qualidade, sendo que estas fontes estão se tornando cada vez mais escassas, é exigido que se busque água de qualidade a distâncias maiores e, conseqüentemente, com volume de recursos mais expressivos.

O lançamento de esgotos sem tratamento adequado pode responsabilizar criminalmente os prefeitos e responsáveis pelos sistemas de esgotos de centros urbanos por meio da Lei n.º 9.605/98, denominada Lei dos Crimes Ambientais.

Na Figura 2.13, pode-se observar a degradação hídrica provocada pelo lançamento inadequado de esgotos sanitários em águas:



**Figura 2.13** Efeitos negativos provocados pelo lançamento de esgotos em rios (disponível em: <[www.webcentral.com.br/pirapora/](http://www.webcentral.com.br/pirapora/)>. Acesso em: 11 mar. 2009)



Várias outras atividades podem provocar efeitos negativos nas coleções de águas. Podem ser citadas:

- Atividades industriais;
- Atividades agropastoris;
- Deposição inadequada de resíduos sólidos;
- Desmatamento;
- Ocupação inadequada do solo.

Na Tabela 2.2, podem-se verificar tipos de fontes de poluição que podem trazer prejuízos à água.

**Tabela 2.2** Fontes de poluição (DERISIO, 2000)

Tipo	Associada	Consequências na água
Natural	Chuvas, escoamento superficial,	Partículas de origem mineral e orgânica. Organismos patogênicos
Industrial	Resíduos líquidos e sólidos lançados; Acidentes com reservatórios e rejeitos;	Partículas orgânicas. Metais pesados e organismos patogênicos
Urbana	Lançamento de esgotos sanitários e resíduos sólidos	Partículas orgânicas e inorgânicas. Organismos patogênicos
Agropastoril	Carreamento de defensivos agrícolas, areia e fertilizantes	Substâncias tóxicas, nitrogênio, fósforo, areia e silte e organismos patogênicos

Todas essas partículas, quando presentes na água, podem provocar vários problemas ambientais e de saúde à população. Segundo a ONU, em países como o Brasil, cerca de 65% dos leitos hospitalares são decorrentes direta ou indiretamente das condições da água contaminada ou poluída.

## 2.4 Considerações finais

Como foi visto, a água se constitui em elemento fundamental para o desenvolvimento humano e de um país. O Brasil possui 13% da água disponível no mundo. No entanto, essa água está mal distribuída. As condições sanitárias em nosso país ainda deixam muito a desejar em várias regiões, gerando problemas sérios de saúde pública.

A Engenharia Ambiental deve se envolver de forma definitiva nas decisões políticas, que são as principais responsáveis por essa situação. As tecnologias estão disponíveis e são altamente eficientes nos dias de hoje. No entanto, a vontade política deve definir metas para que o desenvolvimento no Brasil seja ampliado. A água disponível em quantidade e qualidade se torna parâmetro decisivo para esse objetivo.

## 2.5 Referências

BORSOL, Z. M. F; TORRES, S. D. A. A política de recursos hídricos no Brasil. *Revista BNDES*, Brasília, v. 1, n.º 8, dez. 1997. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/revista/rev806.pdf>>. Acessado em: 2 fev. 2009.

BRASIL. *Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998*. Sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Brasília: 1998

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico 1980-2000*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 11 mar. 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria n.º 518, de 25 de março de 2004*. Procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: 2004.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005*. Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília: 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n.º 397, de 7 de abril de 2008. Altera o inciso II do § 4º e a Tabela X do § 5º, ambos do art.34 da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA no 357, de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.. Brasília: 2005.

CORDEIRO, J. S. *Introdução a Engenharia Ambiental*. São Carlos: UAB-UFSCar, 2007.  
\_\_\_\_\_. *O problema dos lodos gerados nos decantadores de estações de tratamento de água*. 1993. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.

DERISIO, J. C. *Introdução ao controle de poluição ambiental*. São Paulo: Signus, 2000.

PIZELLA, D. G. *Análise da sustentabilidade ambiental do sistema de classificação das águas doces superficiais*. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

TUNDISI, J. G. *Água no século XXI – Entendendo a escassez*. São Carlos: Rima, 2003.

### Sites visitados

<<http://www.onu-brasil.org.br/>>

<[www.usp.br/qambiental/tratamentoAgua.html](http://www.usp.br/qambiental/tratamentoAgua.html)>

<[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>

<[g1.globo.com/.../0,,AA1343740-5598,00.html](http://g1.globo.com/.../0,,AA1343740-5598,00.html)>

<[www.sacrahome.com.br/.../aguas-subterraneas](http://www.sacrahome.com.br/.../aguas-subterraneas)>

<[www.copasa.com.br](http://www.copasa.com.br)>

<[www.webcentral.com.br/pirapora/](http://www.webcentral.com.br/pirapora/)>

# UNIDADE 3

Recurso ar





### **3.1 Primeiras palavras**

O ar se constitui em elemento fundamental para a manutenção da vida dos chamados seres aeróbios terrestres. A composição do ar atmosférico contém cerca de 20% de oxigênio. Esse elemento é responsável pela oxidação da matéria orgânica. Assim, essa oxidação gera a energia necessária para que os seres vivos e espécies animais possam dispor de energia para suas atividades.

### **3.2 Problematizando o tema**

A necessidade de ar para o desenvolvimento de diversas atividades humanas tem assumido proporções alarmantes, principalmente após a revolução industrial.

A queima de combustíveis fósseis por meio de derivados de petróleo tem provocado sérios problemas. Grandes metrópoles, tal como São Paulo, têm adotado o rodízio de veículos na busca de melhoria da qualidade do ar. As questões relacionadas à inversão térmica, em épocas de inverno, agravam esse problema.

Outro aspecto a ser considerado diz respeito ao aquecimento global. O tratado de Kyoto e a recente Conferência em Bali, na Indonésia, reuniram cerca de 190 países com objetivo de diminuir as emissões de gases poluentes.

### **3.3 Texto básico para estudo**

#### **3.3.1. Aspectos gerais**

O ar se constitui em fator decisivo na manutenção da vida para que os seres humanos - e todo e qualquer ser vivo - consigam a energia necessária para o desenvolvimento de suas atividades.

A disponibilidade do recurso ar está ligada diretamente à troposfera, camada com cerca de 12 km de ar.

O ar seco tem a composição mostrada na Tabela 3.1. Verifica-se que o mesmo tem cerca de 21% de oxigênio.

**Tabela 3.1** Composição do ar seco em volume (PHILIPPI JUNIOR, 1982)

Elemento/ Substância	Composição
Nitrogênio	78,09
Oxigênio	20,94
Argônio	0,3
Dióxido de Carbono	0,03
Todas as demais	0,004

O oxigênio presente no ar é fundamental para manutenção (sobrevivência) da vegetação, florestas e também para o controle da poluição, pois é responsável pela oxidação da matéria orgânica, fazendo com que a decomposição gere novamente os nutrientes necessários.

Os problemas de saúde decorrentes da má qualidade do ar estão associados, principalmente, ao sistema respiratório e infecções nos olhos. As patologias associadas ao sistema respiratório podem inclusive levar à morte. No Quadro 3.1, apresenta-se um resumo de alguns episódios de acidentes decorrentes da qualidade inadequada do ar em vários locais do mundo:

**Quadro 3.1** Episódios de acidentes provocados pela má qualidade do ar, poluição do ar (PHILIPPI JUNIOR, 1982; DERISIO, 2000)

Ano	Local	Mortes	Causa	Consequências
1930	Bélgica	17	Lançamento de poluentes industriais (inversão térmica)	Morte de gado Doenças cardíacas e pulmonares
1948	Estados Unidos	17	Indústria metalúrgica (inversão térmica)	14 mil habitantes adoeceram: irritação dos olhos e vias respiratórias
1950	México	22	Emissão de gases de enxofre por uma indústria	320 pessoas hospitalizadas por gás sulfídrico
1952	Brasil (Bauru)	9	Pó de semente de mamona	150 pessoas com doenças respiratórias
1957	Inglaterra	1000	Mistura de fumaça com neblina	Doenças respiratória
1960	Inglaterra	800	Mistura de fumaça com neblina	Doenças respiratórias
1962	Inglaterra	700	Mistura de fumaça com neblina	Doenças respiratórias

Vários outros eventos têm sido divulgados sobre acidentes envolvendo emissões descontroladas de gases que levam a problemas de saúde da população. Os efeitos de vários gases na atmosfera podem ser observados no Quadro 3.2, principalmente aqueles responsáveis pelo efeito estufa. Também podem ser observadas as possíveis fontes geradoras dos diversos gases.

**Quadro 3.2** Gases responsáveis pelo efeito estufa e suas possíveis causas (disponível em: <<http://www.prof2000.pt/users/vitorpires/estufa.html>, <http://www.cm-tabua.pt/?lop=conteudo&op=98b297950041a42470269d56260243a1&id=7fe1f8abaad094e0b5cb1b01d712f708> e <http://pt.wikipedia.org>>. Acesso: 20 jan. 2009)

Gases de estufa	Principais causas
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	Combustão de combustíveis fósseis: petróleo, gás natural, carvão e desflorestação – libertam CO <sub>2</sub> quando queimadas ou cortadas. O CO <sub>2</sub> é responsável por cerca de 64% do efeito estufa. Diariamente são enviados cerca de 6 mil milhões de toneladas de CO <sub>2</sub> para a atmosfera. O gás tem um tempo de duração na atmosfera de 50 a 200 anos;
Clorofluorcarbono (CFC)	São usados em “sprays”, motores de aviões, plásticos e solventes utilizados na indústria eletrônica. Responsável pela destruição da camada de ozônio. Também é responsável por cerca de 10% do efeito estufa. O tempo de duração na atmosfera é de 50 a 1700 anos;
Hexafluoreto de enxofre (SF <sub>6</sub> )	Seu uso se dá principalmente como isolante em equipamentos elétricos. É 23 mil vezes mais nocivo para o efeito estufa do que o dióxido de carbono. Contribui com aproximadamente 1% do efeito estufa e tem duração de 3,2 mil anos na atmosfera;
Hidrofluorcarbono (HFC)	Utilizados na refrigeração em substituição aos CFC's. A contribuição para o efeito estufa é “negligenciável”. Tem duração de 1,5 a 260 anos na atmosfera;
Metano (CH <sub>4</sub> )	Produzido em campos de arroz, pelo gado, pela decomposição de resíduos orgânicos, pântanos, processo de digestão de animais herbívoros, aquecimento ou combustão de biomassa anaeróbia e bactérias. É responsável por cerca de 19% do efeito estufa. Tem um tempo de duração na atmosfera de 15 anos. Esse gás é 20 vezes mais efetivo na absorção de calor do que o CO <sub>2</sub> ;
Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)	Produzido pela combustão da madeira e de combustíveis fósseis, pela decomposição de fertilizantes químicos e por micróbios. É responsável por cerca de 6% do efeito estufa. O tempo de duração na atmosfera é de 120 anos.

As atividades de transporte, industriais, agropastoris, decomposição de resíduos orgânicos e queimadas são alguns dos responsáveis pela geração e emissão dos gases, que hoje trazem preocupações para a manutenção da



qualidade de vida da população do planeta. Assim, deve haver um grande trabalho em conjunto, envolvendo não só os geradores, mas também todos aqueles que têm a responsabilidade de manter limpo o ar.

Dessa forma, o desenvolvimento de tecnologias limpas e seguras deve ser a meta de empresários, governantes e sociedade civil de tal forma que se busque soluções adequadas para essa questão.

### 3.3.2 Mudanças climáticas, efeito estufa, aquecimento global e escurecimento global

A incidência da radiação solar sobre a superfície da Terra faz com que ocorra o aquecimento da mesma. No entanto, parte dessa energia é irradiada para a atmosfera, em que os gases presentes não permitem sua total dissipação. Esse efeito permite que o planeta seja aquecido. Assim, o efeito estufa é natural e sua ocorrência é fundamental para a vida na terra. Na Figura 3.1, apresenta-se um esquema que mostra esse efeito:



**Figura 3.1** Incidência da radiação sobre a Terra: efeito estufa (disponível em: <<http://www.rudzerhost.com/ambiente/estufa.htm>>. Acesso em: 20 jan. 2009)

O aumento da concentração de gases responsáveis pelo efeito estufa tem gerado desequilíbrios na atmosfera que têm provocado o fenômeno do aquecimento global. O aumento na concentração desses gases responsáveis pelo efeito estufa se deve principalmente à queima de combustíveis fósseis e atividades industriais.

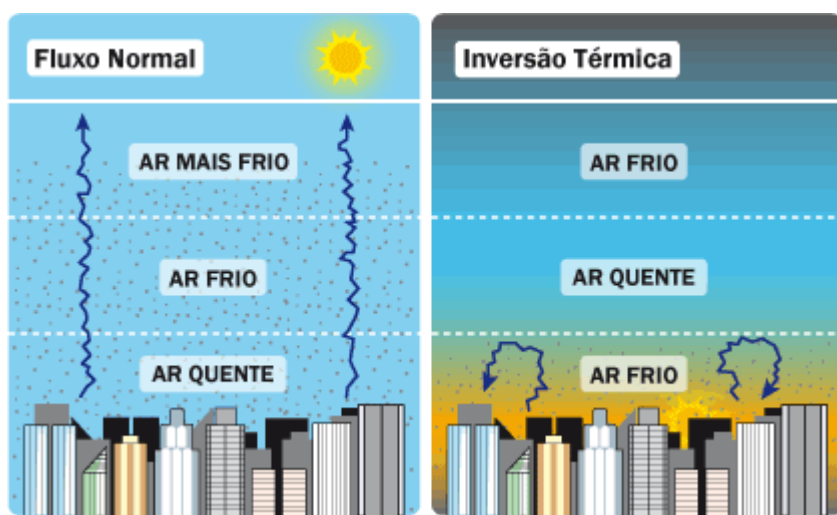
O aquecimento global tem sido uma preocupação efetiva nos últimos anos, gerando vários encontros para discussão sobre quais seriam as atitudes a serem tomadas por parte dos vários países. Na conferência, realizada em Bali, na Indonésia, em dezembro de 2007, vários acordos foram assinados no sentido de buscar a redução da emissão desses gases.

Esse fato tem gerado uma nova visão sobre o desenvolvimento, possibilitando sistemáticas de comércio de créditos de carbono. Nesse mercado, países desenvolvidos podem adquirir de países em desenvolvimento cotas de créditos de carbono. Em 1997, em Kyoto, no Japão, foi realizada uma conferência que definiu as condições desse mercado.

Os efeitos, na atmosfera, dos gases causadores do efeito estufa têm trazido grandes preocupações quanto ao futuro do planeta. Uma delas é a elevação da temperatura média da Terra, o que poderia provocar o aumento do nível dos oceanos.

O fluxo normal de ar na atmosfera é realizado através do ar quente, que é aquecido próximo ao solo e, sendo menos denso, se desloca verticalmente e a temperatura vai decrescendo com a altitude. Quando ocorre uma camada de ar quente sobre uma de ar frio, pode ocorrer a chamada inversão térmica. A inversão térmica diminui o potencial de dispersão de poluentes na atmosfera em função das condições de temperatura em relação às camadas de ar, ocasionando o surgimento de situações críticas de poluição devido a alta concentração de poluentes e podendo provocar condições negativas à saúde humana.

Na Figura 3.2, observa-se um esquema do fenômeno.

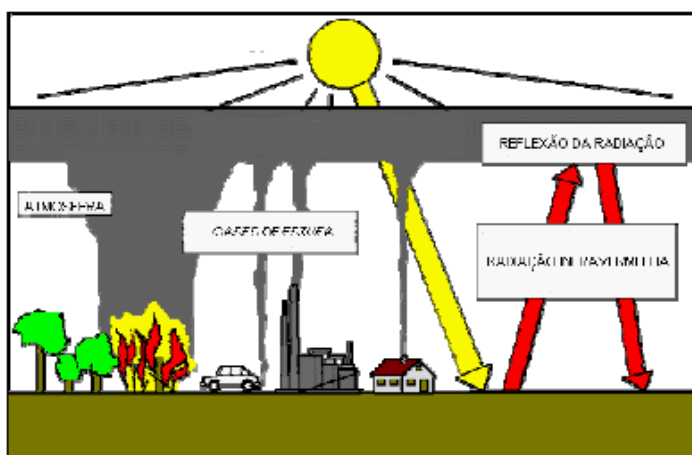


**Figura 3.2** Esquema ilustrativo da inversão térmica (disponível em: <<http://ciencia.hsw.com.br/inversao-termica.htm>>. Acesso em: 8 jan. 2009)

No fenômeno da inversão térmica, o ar mais frio, que toma o lugar do mais quente rapidamente, tem dificuldade de se dispersar em função da camada de ar quente mais acima, que impossibilita a dispersão. Nesse caso, a concentração de partículas na camada inferior, próximo aos edifícios, se intensifica, gerando problemas à população.

A ação de gases gerados pela descarga de veículos automotores se concentra nessas áreas, tornando o ar impróprio e provocando grandes problemas. A inversão ocorre principalmente quando as noites são mais longas e são baixas a velocidade de vento e a umidade do ar.

Na Região Metropolitana de São Paulo, a Cetesb (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) monitora a qualidade do ar desde a década de 1970, definindo regras, leis e regulamentos que minimizam os efeitos negativos da emissão de poluentes no ar. O esquema da Figura 3.3 mostra os geradores de gases do efeito estufa:



**Figura 3.3** Emissão de gases de efeito estufa (disponível em: <<http://www.colegiosaofrancisco.com.br/alfa/meio-ambiente-efeito-estufa/efeito-estufa-6.php>>. Acesso em: 11 mar. 2009)

Segundo alguns cientistas, um fenômeno que está associado ao aquecimento global é o chamado escurecimento global. Eles têm verificado que, desde a década de 1950, a Terra vem sofrendo um resfriamento global. Dessa forma, parece um contrassenso as teorias que se apresentam para o aquecimento global. Segundo esse grupo de cientistas, na realidade, o aquecimento global seria muito mais efetivo se não estivesse ocorrendo o efeito do escurecimento global.

Por meio desses estudos, mostra-se que esse fenômeno tem tido consequências, envolvendo a evaporação da água e o ciclo hidrológico.

Na verdade, existe a necessidade de acompanhar com mais efetividade todos esses fenômenos diretamente ligados ao clima global, uma vez que vários eventos têm se comportado de forma diferente ao longo das últimas décadas.

### 3.3.3 Efeitos das mudanças sobre o Homem e o ambiente

**Efeitos sobre os seres humanos:** todas as mudanças climáticas colocadas e que têm ocorrido de forma intensa nas últimas décadas têm trazido consequências graves para todos. O excesso de partículas presentes no ar pode provocar várias doenças, principalmente aquelas relacionadas ao sistema respiratório e ocular.

As doenças provocadas podem ser: câncer no pulmão, bronquites e enfisema, asma, entre outras. Essas doenças são causadas por fumaça e monóxido de carbono. Normalmente, crianças e idosos sofrem com maior intensidade as ações desses gases e partículas. Conforme apresentado no Quadro 3.1, a poluição do ar pode provocar sérias consequências negativas sobre os seres humanos.

**Efeitos sobre a atmosfera:** a emissão de partículas e gases, de forma natural ou artificial, pode provocar ações negativas na atmosfera. Os efeitos podem ser sentidos na visibilidade, na formação de neblinas e na temperatura de centros urbanos. O efeito estufa está intimamente ligado a essas ações na atmosfera.

As chuvas ácidas também se constituem em outra manifestação de partículas presentes na atmosfera.

**Efeitos sobre os materiais:** o efeito de substâncias presentes no ar e suas reações com vapor de água, por exemplo, podem trazer consequências negativas para materiais metálicos e outros, como mármore. Esses fenômenos estão ligados à abrasão, reações químicas diretas, corrosão, entre outros.

Essas ações abrasivas e corrosivas contra materiais podem provocar também problemas econômicos, uma vez que os mesmos têm de ser substituídos, o que pode acarretar perdas de peças, inclusive de peças históricas, tais como monumentos.

**Efeitos sobre a vegetação:** a vegetação sofre muitas consequências negativas quando sujeita às ações que prejudicam o seu desenvolvimento. O excesso de partículas no ar pode interferir na incidência da luz solar, provocando efeitos negativos na fotossíntese. Além disso, partículas tóxicas podem ser carregadas do ar pela ação das chuvas, possibilitando sua utilização pelas plantas e provocando efeitos negativos em seu crescimento e desenvolvimento.

### 3.3.4 Outros problemas

Existem outros problemas ambientais ligados ao ar e que oferecem desconforto a população. Alguns desses fatores estão ligados à decomposição de matéria orgânica, que gera gases com forte odor desagradável. Assim, o lançamento de esgotos sanitários e de resíduos orgânicos em locais impróprios pode trazer o desconforto citado.

Essa prática tem sido frequente no Brasil, revelando ações que agridem o ambiente de forma decisiva. O controle é necessário para que a decomposição da matéria orgânica não provoque efeitos negativos.

O poder público e empresas podem ser responsáveis pelas ações de controle e a fiscalização, e as mesmas cabem aos órgãos ligados às secretarias de meio ambiente. No Estado de São Paulo, a Cetesb tem essa incumbência.

## 3.4. Controle da poluição do ar

O controle da poluição do ar deve ser realizado de forma direta ou indireta em relação à fonte de emissão.

As ações de controle diretas podem ser realizadas, por exemplo, com o emprego de equipamentos. Os equipamentos podem ser instalados diretamente na fonte. Assim, os poluentes são coletados antes de serem lançados na atmosfera. Nesse caso, pode ocorrer, inclusive, a recuperação de partículas que têm valor agregado.

Os equipamentos de controle da emissão de material particulado podem ser: filtros de Manga, coletores úmidos, ciclones, pós-queimadores, coletores inercias ou gravitacionais, entre outros.

Esses equipamentos permitem uma redução na emissão de poeiras, fumaças e gases. Um exemplo que pode ser observado na Figura 3.4 é o filtro de Manga. Pode-se perceber que esses equipamentos exigem construções, operação e manutenção para que funcionem adequadamente:



**Figura 3.4** Fotografia mostrando filtro de manga (disponível em: <[http://www.inf.ufes.br/~neyval/RecAtm \(moduloVI\).pdf](http://www.inf.ufes.br/~neyval/RecAtm (moduloVI).pdf)>. Acesso em: 11 mar. 2009)

Os veículos mais modernos utilizam catalisadores que minimizam a geração de gases.

As medidas indiretas de controle exigem planejamento e uma visão sistêmica que permite avaliar o desempenho de atividades e equipamentos, buscando a solução sustentável. Dessa forma, o conceito de P+L (Produção Mais Limpa) se torna fundamental.

Os engenheiros devem estar preparados tecnicamente e tecnologicamente para buscar soluções que são as mais adequadas no sentido de prevenir e mitigar os problemas advindos do lançamento de substâncias no ar.

### **3.5 Considerações finais**

O meio ambiente tem sido degradado ao longo dos anos, resultando em piora contínua da qualidade de vida. A poluição do ar, água e solo tem crescido de forma alarmante, principalmente em locais que necessitam de maior desenvolvimento. No Brasil, o ar de cidades como São Paulo tem sofrido decréscimo de qualidade, exigindo ações das autoridades para minimizar o lançamento de gases responsáveis pelo efeito estufa, principalmente aqueles emitidos pelos veículos automotores. Dessa forma, o rodízio de veículos tem sido utilizado de forma intensiva em São Paulo.

O aumento das concentrações por gases e partículas, o aquecimento global, efeito estufa e as mudanças climáticas se constituem em problema do século XXI com características mundiais. Assim, cada dia mais, os profissionais, políticos, empresários e a sociedade civil devem estar cientes dos riscos a que toda a humanidade está sujeita.

### 3.6 Referências

DERISIO, J. C. *Introdução ao controle de poluição atmosférica*. São Paulo: Signus, 2000.

PHILIPPI JUNIOR, A. *Saneamento do meio*. São Paulo: Fundacentro/Departamento de Saúde Ambiental/Universidade de São Paulo: 1982.

#### Sites visitados

<<http://www.prof2000.pt/users/vitorpires/estufa.html>>

<<http://www.cm-tabua.pt/?lop=conteudo&op=98b297950041a42470269d56260243a1&id=7fe1f8abaad094e0b5cb1b01d712f708> e <http://pt.wikipedia.org>>

<<http://www.rudzerhost.com/ambiente/estufa.htm>>

<<http://ciencia.hsw.com.br/inversao-termica.htm>>

<<http://www.colegiosaofrancisco.com.br/alfa/meio-ambiente-efeito-estufa/efeito-estufa-6.php>>

<[http://www.inf.ufes.br/~neyval/RecAtm \(moduloVI\).pdf](http://www.inf.ufes.br/~neyval/RecAtm%20(moduloVI).pdf)>

# **UNIDADE 4**

Recurso solo







## 4.1 Primeiras palavras

O solo é um elemento fundamental para várias atividades do Homem. O abrigo de que necessita deve estar em local que fornece condições de suporte e que não está sujeito às intempéries, que podem provocar deslizamentos e enchentes e que podem levar a perdas, inclusive, de vidas.

Os alimentos, por sua vez, também têm no solo seu grande suporte. No entanto, os resíduos gerados pelas atividades humanas e industriais muitas vezes são lançados no solo de forma inadequada, provocando impactos negativos e de difícil solução.

## 4.2 Problematizando o tema

O uso excessivo do solo para buscar a produção de alimentos e recursos minerais pode causar prejuízos irremediáveis a esse recurso natural.

As obras de Engenharia também devem procurar soluções que minimizam seus efeitos danosos sobre o meio ambiente e principalmente sobre o solo.

Hoje a grande geração de resíduos pelas populações urbanas e disposição destes em locais inadequados e/ou de forma inadequada vêm trazendo prejuízos ao ar, ao solo e à água.

Assim, a busca por soluções é necessária e imprescindível para a manutenção da qualidade deste e dos outros recursos atingidos.

### 4.3 Texto básico para estudo

O solo é um elemento fundamental na manutenção da vida. A sustentação dos seres animais e vegetais e a distribuição da água dependem do solo. O solo se constitui na camada superficial da crosta terrestre, sendo resultante de ações físicas, químicas e biológicas sobre as rochas ao longo de milhares de anos. O estudo do solo é denominado Pedologia.

O solo é o principal elemento para:

- Fixação e nutrição da vida vegetal;
- Fundação de construções diversas: habitação, aeroportos, indústrias, entre outros;
- Elemento a ser extraído e utilizado em construções;
- Reservatório de água subterrânea e combustíveis fósseis.

O solo está sujeito a várias ações (impactos) negativas, principalmente quando se modifica o ambiente, seja com movimentos de terra para o plantio ou busca por minerais presentes no subsolo, seja com a construção de edifícios, pontes, aeroportos etc. Na Figura 4.1, pode-se observar o movimento de terra para construção, e, na Figura 4.2, o desmonte de rochas:



**Figura 4.1** Movimento de solo para construção (CORDEIRO, 2007)



**Figura 4.2** Desmonte de rocha (CORDEIRO & AMORIN, 2005)

Na Figura 4.3, podem-se observar os efeitos do assoreamento devido ao processo erosivo:



**Figura 4.3** Consequências da erosão e perda de solo (CORDEIRO, SALES & SOUZA, 2004)

Outra ação que pode trazer consequências muito negativas para o solo é a disposição inadequada de resíduos sólidos e líquidos.

### 4.3.1 Resíduos sólidos e disposição

As atividades domésticas, industriais, agrícolas e de serviços podem gerar quantidades consideráveis de resíduos sólidos. Nas cidades, cada pessoa pode gerar em média cerca de 1 kg de resíduos por dia. Assim, uma cidade com 100 mil habitantes gera quase 100 toneladas de resíduos por dia. Isso significa que essa quantidade deve ser gerenciada de forma adequada para que não provoque impactos negativos ao ambiente.

Parte considerável dos centros urbanos lança seus rejeitos de forma incorreta. Nas Figuras 4.4 e 4.5, podem-se observar situações negativas de lançamento de resíduos urbanos no solo:



**Figura 4.4** Situação 1: lançamento de resíduos sólidos – “lixo” no solo (CORDEIRO, 1982)



**Figura 4.5** Situação 2: lançamento de resíduos sólidos - “lixo” no solo (disponível em: <[cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art\\_28/aqua8.htm](http://cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art_28/aqua8.htm)>). Acesso em: 11 mar. 2009)

Esses dois exemplos mostram a necessidade da existência de profissionais na área ambiental que são capazes de responder de forma decisiva à solução de problemas assim.

A gestão desses resíduos deve ser analisada sob vários aspectos. O conceito dos 3Rs (Redução, Reutilização e Reciclagem) se torna muito mais forte, pois representa uma nova postura frente ao problemas de resíduos urbanos, industriais e agrícolas.

A geração de resíduos domésticos em centros urbanos deve ser definida por meio de políticas públicas amplas, que possibilitam a menor degradação possível do ambiente onde é disposto esse material. A construção de aterros sanitários projetados, operados e mantidos de forma adequada pode não agredir de forma intensa o ambiente e ainda gerar recursos. O Protocolo de Kyoto permite a comercialização de créditos de carbono, certificados que autorizam a emissão de gases poluentes pelas empresas e que podem ser comercializados na Bolsas de Valores e de Mercadorias entre as empresas que não conseguiram cumprir sua meta e as empresas mais bem-sucedidas. Essa prática tem se tornado uma alternativa gerencial interessante.

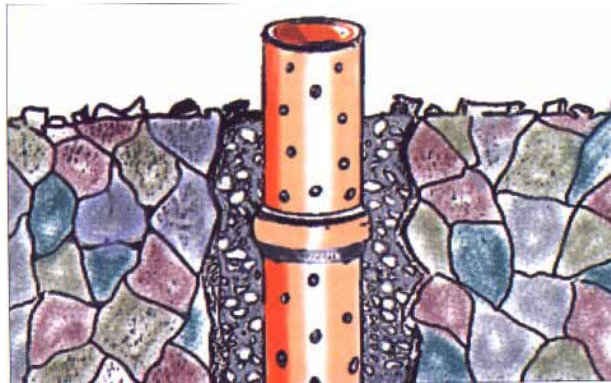
Os projetos de aterros sanitários devem ser elaborados de maneira que os resíduos sejam sistematicamente cobertos, como mostra a Figura 4.6. Essa operação exige equipamentos, materiais e recursos humanos preparados:



**Figura 4.6** Detalhe da construção de aterros sanitários (BIDONE & POVINELLI, 1999)

Os detalhes de coleta e aproveitamento de gases gerados (Figura4.7) e o tratamento do resíduo líquido, produzido pela decomposição da matéria orgânica presente, se constituem em pontos fundamentais para a adequada solução do problema:





**Figura 4.7** Detalhe do sistema de coleta de gases em aterros sanitários (ID. IBIDEM)

Uma questão que deve ser discutida é a coleta seletiva, pois essa ação permite a não disposição de parcela dos resíduos que pode ser usada como subprodutos para reciclagem e reúso.

A UFSCar (Universidade Federal de São Carlos) possui um programa interno de reciclagem, além de uma central de resíduos que realiza várias ações para a minimização e reciclagem dos resíduos gerados na universidade. Isso implica também a gestão de resíduos gerados nos laboratórios, com os quais, na maioria das vezes, é complicado trabalhar. Na Figura 4.8, podem-se observar imagens dessa central:

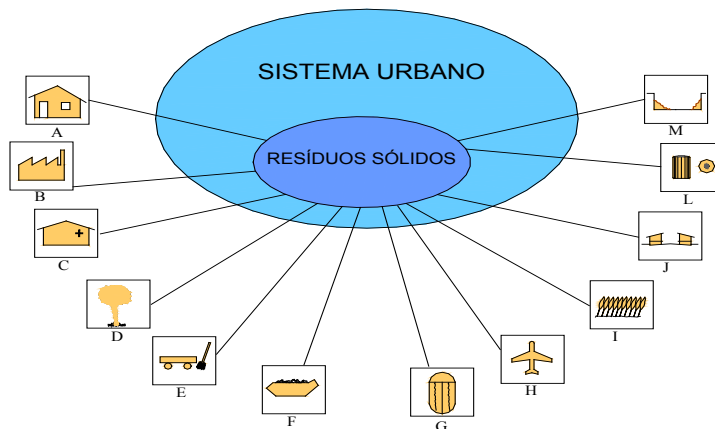


**Figura 4.8** Imagens da central de resíduos da UFSCar (CORDEIRO & AMORIN, 2005)

A gestão adequada dos resíduos sólidos em áreas urbanas tem sido discutida há vários anos, e a coleta seletiva passou a fazer parte da agenda de diversas prefeituras, que se constituem nos responsáveis por essa gestão.

Essas ações de controle podem representar economia financeira, melhoria do ambiente e demandas judiciais a que os responsáveis estão sujeitos. A Lei n.º 9.605/98 - Crimes Ambientais – tem possibilitado ao Ministério Público tomar decisões efetivas contra os responsáveis pela gestão desses resíduos.

As diversas atividades humanas geram resíduos com as mais diversas características e, dessa maneira, estes devem ser analisados criteriosamente e dispostos de forma adequada. Na Figura 4.9, podem-se verificar como essas atividades são diversificadas e os tipos de resíduos gerados:



**Figura 4.9** Tipos de resíduos gerados em áreas urbanas (COLICHIO, 2003)

Legenda das fontes geradoras de resíduos:

**A** –RSD (Resíduos Sólidos Domiciliares) e Comerciais;

**B** – Industrial;

**C** – RSS (Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde);

**D** - Poda de árvores;

**E** – Varrição;

**F** – RCS (Resíduos de Construção Civil);

**G** – “Lodos”: estações de tratamento de água e esgoto sanitário

**H** – Aeroporto;

**I** – Agrícolas;

**J** – Feiras e eventos;

**L** – Resíduos sólidos especiais;

**M** - Limpeza de canais.

As atividades industriais também podem gerar resíduos sólidos que devem ser dispostos de forma adequada no solo. Existem normas específicas para isso, e a disposição deve ser monitorada constantemente.



Observa-se, na Figura 5.9, que várias atividades geram resíduos na forma sólida. Todas essas atividades, em decorrência de suas características, criam rejeitos cuja disposição inadequada pode levar a sérios problemas no solo e, por consequência, na água e também no ar.

As áreas contaminadas por resíduos dispostos de forma incorreta podem gerar sérios problemas e danos à saúde humana.

Assim, a gestão e a logística de resíduos merecem todo o cuidado, e deve-se sempre procurar soluções que minimizam seus efeitos danosos ao ambiente, principalmente ao solo e a saúde da população.

### 4.3.2 Atividade agroindustrial

As atividades agrícolas, de forma geral, utilizam o solo como elemento fundamental para a fixação de plantas. Assim, para o preparo do solo, deve-se remover a vegetação nativa para que se tenha condição ideal de plantio. Essa remoção pode expor o solo a condições adversas. No Brasil, existem leis e regras para uso e manejo do solo agrícola, mas nem sempre estas são cumpridas.

O aumento da fronteira agrícola faz com que o solo seja modificado em relação às condições físicas, com revolvimento da camada superficial, como mostra a Figura 4.10:



**Figura 4.10** Revolvimento do solo para preparo e plantio (disponível em: <[emsantos.se.vilabol.uol.com.br/diagnostico.htm](http://emsantos.se.vilabol.uol.com.br/diagnostico.htm)>. Acesso em: 11 mar. 2009)

Outra atividade do setor agrícola que exige a remoção da camada superficial do solo é a utilização do terreno como pastagem. Nessa atividade, a movimentação dos animais provoca desagregação da camada de solo, expondo o mesmo às ações de intempéries, promovendo perda de solo e, como consequência, a erosão, como mostra a Figura 4.11:



**Figura 4.11** Ações negativas sobre o solo devido a atividades agropastoris (disponível em: <[emsantos.se.vilabol.uol.com.br/diagnostico.htm](http://emsantos.se.vilabol.uol.com.br/diagnostico.htm)>. Acesso em: 11 mar. 2009)

O solo, dessa forma, está sujeito a ações de várias formas. Além disso, as maneiras inadequadas de irrigação consomem quantidades excessivas de água, e hoje são necessários estudos que permitam a diminuição das quantidades de água empregadas. O Brasil, como grande exportador de grãos, está exportando, de forma indireta, também a água utilizada nessa produção.

Assim, para ampliação de áreas agricultáveis, faz-se necessária a remoção de vegetação que, dependendo do tipo de solo, pode provocar erosão e perda da camada fértil. O material advindo da remoção da vegetação pode ser conduzido aos cursos d'água, provocando problemas de assoreamento nos mesmos e prejuízo à qualidade de suas águas.

Defensivos agrícolas e fertilizantes químicos, por sua vez, também podem ser conduzidos pelo escoamento superficial para os fundos de vale e atingir águas superficiais e subterrâneas. Dessa forma, as atividades agrícolas podem causar prejuízos ambientais.

Outra atividade agroindustrial, tal como criação de suínos e aves, pode gerar dejetos em quantidade que, quando não gerenciada adequadamente, pode levar à degradação ambiental da água, do solo e do ar.

### 4.3.3 As queimadas e o solo

Vários aspectos devem ser discutidos a respeito das ações negativas que ocorrem no solo quando da ocorrência de queimadas naturais ou propositais. As altas temperaturas a que o solo fica sujeito podem desencadear uma série de problemas para espécies que têm aquele local como seu "habitat".

Uma das questões hoje muito discutidas está ligada ao plantio e colheita de cana-de-açúcar para produção de álcool e açúcar. Ainda é muito comum a

utilização da queimada para facilitar o corte manual da cana. Essas questões têm sido discutidas de forma intensa. Os efeitos das queimadas podem ser observados nas fotografias da Figura 4.12:



**Figura 4.12** Queimadas e seus efeitos (disponível em: <[ambilog2007.blogspot.com/.../no-s-queimadas.html](http://ambilog2007.blogspot.com/.../no-s-queimadas.html)>. Acesso em: 11 mar. 2009)

#### 4.3.4 Áreas contaminadas

Outro problema complexo que está ligado diretamente ao solo são as áreas contaminadas, principalmente por resíduos industriais e resíduos dispostos de forma inadequada:



**Figura 4.13** Atividades que podem levar à contaminação do solo (AHU, Consultoria em Hidrogeologia e Meio Ambiente, Alemanha, 1987)

**Legenda:****Fontes de perigo:**

- 1- Vazamento de tanques enterrados e sistema de tubulação;
- 2- Valas com barris enferrujados com resíduos tóxicos;
- 3- Percolação no subsolo de antigos vazamentos;
- 4- Resíduos abandonados lançados sobre o solo.

**Cenários:**

- 5- Poluição do solo;
- 6- Poluição de água subterrânea;
- 7- Percolação de poluentes na água subterrânea em direção ao rio;
- 8- Fluxo superficial e subterrâneo de poluentes em direção ao rio;
- 9- Erosão de resíduos sólidos tóxicos em direção ao rio;
- 10- Deposição de metais pesados no fundo do rio;
- 12- Emissão de gases tóxicos;
- 13- Efeitos na vegetação.

**Medidas de identificação:**

- 31- Investigação confirmatória

O controle de áreas contaminadas no Estado de São Paulo é realizado pela Cetesb. Na Tabela 4.1, podem-se observar as atividades que levaram à contaminação de áreas no Estado, no ano de 2006. Observa-se que postos de combustíveis têm se tornado um dos grandes contribuintes desse tipo de evento:

**Tabela 4.1** Atividades contaminantes do solo no Estado de São Paulo (CETESB, nov. 2006)

Região/ Atividade	Comercial	Industrial	Resíduos	Postos de combustível	Outros	Total
São Paulo	28	56	22	486	2	594
RMSP	14	76	11	273	4	378
Interior	49	93	22	432	12	608
Litoral	13	31	11	78	2	135
Vale do Paraíba	1	23	0	83	0	107
<b>TOTAL</b>	<b>105</b>	<b>279</b>	<b>66</b>	<b>1.352</b>	<b>20</b>	<b>1.822</b>

## 4.4 Considerações finais

O solo se constitui em elemento fundamental para a sobrevivência do Homem, fornecendo alimentos, recursos, suporte para o abrigo e fonte de água. Assim, o solo deve ser protegido para que o Homem possa continuar desenvolvendo suas atividades.

O engenheiro, de forma geral, é um profissional que transforma intensamente o ambiente para suprir as necessidades básicas do Homem. Assim, esse profissional deve estar ciente de suas ações negativas sobre o solo. Nesse contexto, a busca de recursos minerais, a agroindústria, as indústrias em geral e a urbanização se transformam em potenciais poluidores do solo.

As atividades de Engenharia devem ser desenvolvidas tendo-se ciência de suas ações e quais as formas de minimizar efeitos sobre o solo. Neste sentido, o engenheiro ambiental deve estar preparado para desenvolver projetos que agridem minimamente o meio ambiente, além de estar capacitado para buscar soluções mitigadoras perenes.

## 4.5 Referências

- BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. *Conceitos básicos de resíduos sólidos*. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo, 1999.
- BRASIL. *Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998*. Sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Brasília: 1998.
- COLICHIO JUNIOR, I. *Gestão de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos – Um estudo de caso da cidade de Ribeirão Preto – SP*. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.
- CORDEIRO, J. S. *Introdução a Engenharia Ambiental*. São Carlos: UAB-UFSCar, 2007.
- \_\_\_\_\_. O ensino de fenômenos de transporte na Engenharia Civil. *Revista de ensino de Engenharia*, Brasília, v. 2, n.º 1, p. 63-6, 1982.
- CORDEIRO, J. S.; AMORIM, L. M. Impactos ambientais provocados pela ocupação antrópica de fundos de vale. *Saneamento ambiental*, São Paulo, v. 111, p. 40-6, 2005.
- CORDEIRO, J. S.; SALES, A.; SOUZA, F. R. Estudo de resistência à compressão e de absorção de água em concretos produzidos com a adição conjunta de resíduos de construção e demolição e lodos de estações de tratamento de água. *Ambiente construído (São Paulo)*, Porto Alegre, v. 4, n.º 2, p. 33-42, 2004.

### Sites visitados

<[cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art\\_28/aqua8.html](http://cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art_28/aqua8.html)>

<emsantos.se.vilabol.uol.com.br/diagnostico.htm>

<ambilog2007.blogspot.com/.../no-s-queimadas.html>

<www.cetesb.sp.gov.br>

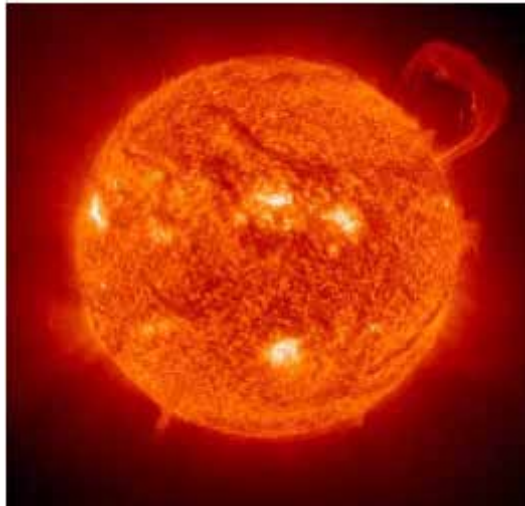


# **UNIDADE 5**

Recursos energéticos







## 5.1 Primeiras palavras

A necessidade de energia é tão antiga para o Homem quanto a necessidade de água. Todas as atividades desenvolvidas pelos seres humanos precisam de energia, e essa energia é retirada dos alimentos. As várias fontes energéticas tiveram papel fundamental na evolução da civilização. Desde a descoberta do fogo até o petróleo, o Homem sempre buscou fontes de energia para viver, transportar e conquistar.

No século XX, a humanidade passou a dominar tecnologias que lhe permitiram uma nova forma de vida. Assim, com o crescimento populacional, a necessidade de mais alimentos tem exigido a busca por novas fontes energéticas. A energia está intimamente ligada ao meio ambiente, fazendo com que as relações do Homem com a Natureza ocorram de forma muito mais predatória.

## 5.2 Problematizando o tema

O século XX se constituiu no século da energia por excelência. A utilização do petróleo permitiu ao Homem conquistar, transportar e aquecer. O período, no entanto, também é conhecido como o século da eletricidade e da bomba atômica. A necessidade de mais energia para as atividades humanas tem exigido da Natureza cada vez mais. Dessa forma, petróleo, biodiesel, energia atômica e energia do hidrogênio são assuntos que estão na pauta das discussões ambientais, o que exige profissionais cada vez mais competentes.

### 5.3 Texto básico para estudo

A necessidade de energia é tão antiga quanto o Homem. A energia fundamental da Terra vem do Sol. A energia solar é responsável pelo alimento do Homem e manutenção da temperatura e do regime de movimentação da água. O ciclo hidrológico, discutido em “Recurso água”, ocorre principalmente pela evaporação da água pela energia solar. Além disso, o vento e as ondas do mar também têm na energia solar seu ponto de partida.

Há milhares de anos, quando o Homem descobriu o fogo, uma nova era energética se iniciou. Assim, o Homem deu início a um novo processo evolutivo, melhorando seu conforto. Há cerca de 10 mil anos, surgiu a agricultura, que se utilizava da força dos músculos humanos e energia animal.

No ano 200 a.C., os chineses descobriram o petróleo e gás natural sem ainda ter a perspectiva do que seriam essas substâncias no futuro.

A energia hidráulica empregada pelos romanos em seus aquedutos também se constitui em um excelente exemplo de utilização energética para o bem-estar do Homem.

As navegações realizadas por portugueses e ingleses em suas caravelas, de 1400 a 1700 d.C., é um exemplo da utilização da energia eólica para transporte e conquistas.

No século XVIII, a energia do carvão possibilitou a utilização do ferro de forma mais efetiva, provocando uma nova era de desenvolvimento. A máquina a vapor, em 1769, vem no sentido de definir uma nova era: chamada de Primeira Revolução Industrial. Dessa forma, a busca por minérios se tornou uma necessidade para que novos sistemas fossem efetivados. Os barcos a vapor e a fabricação de tecidos exigiam cada vez mais da Natureza.

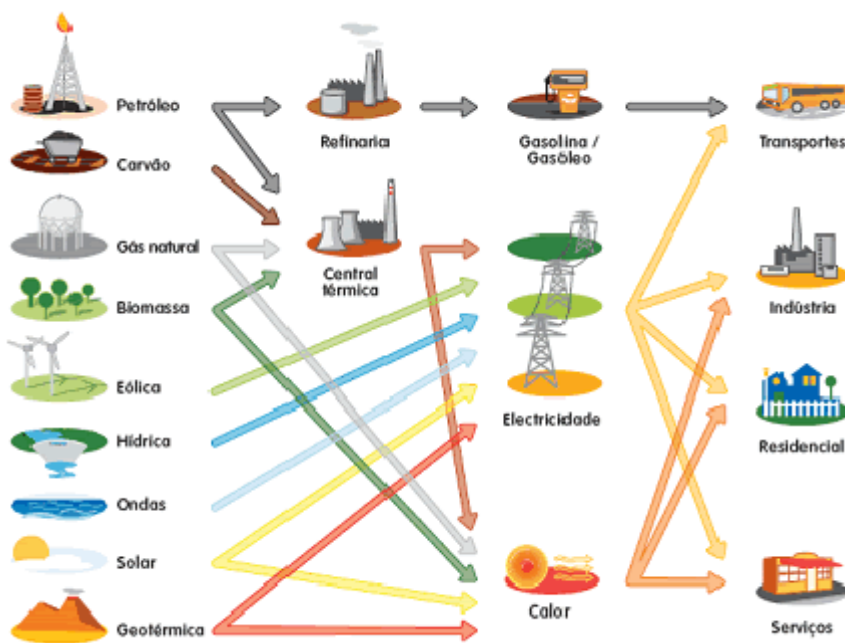
A abundância de energia na Segunda Revolução Industrial possibilitou o avanço da siderurgia, a transformação do ferro em aço. O advento do dínamo substituiu a máquina a vapor.

Nesse período, tinha-se o petróleo como fonte energética fundamental. O primeiro poço de petróleo foi perfurado na Pensilvânia, nos Estados Unidos, em 1859. Graças a isso, o século XX se caracterizou por estabelecer uma relação muito forte do Homem com o petróleo e seus derivados. No Quadro 5.1, podem-se observar várias fontes de energia passíveis de uso pelo Homem:

**Quadro 5.1** Fontes de energia (BRAGA et al., 2002)

Fontes de energia	
Renováveis	Não renováveis
Biocombustível líquido	Combustíveis fósseis: petróleo, gás natural e carvão
Biogás	Derivados de combustíveis fósseis: gasolina, óleo diesel, querosene e outros
Gás hidrogênio	Óleos pesados não convencionais
Energia eólica	Gás natural não convencional
Energia geotérmica	Fusão nuclear (Urânio)
Energia das marés	Depósitos geotérmicos confinados
Energia solar	

Na Figura 5.1, apresentam-se várias fontes de energia que podem ser utilizadas no transporte, indústria, residências e serviços:



**Figura 5.1** Energia e sua utilização (disponível em: <[www.janeladosaber.com/dia\\_energia/index.htm](http://www.janeladosaber.com/dia_energia/index.htm)>. Acesso em: 11 mar. 2009)

O Quadro 5.2 apresenta diversos equipamentos que utilizam vários tipos de energia:

**Quadro 5.2** Equipamentos de geração de energia elétrica, térmica e mecânica (disponível em: <[www.janeladosaber.com/dia\\_energia/index.htm](http://www.janeladosaber.com/dia_energia/index.htm)>. Acesso em: 11 mar. 2009)

Equipamentos
Motores a combustão
Painéis solares
Painéis solares fotovoltaicos
Turbinas a gás
Turbinas elétricas
Turbinas a vapor
Turbinas eólicas
Baterias
Geradores
Termogeradores
Células a combustível

Na Figura 5.2, podem-se observar algumas fontes de energia não renováveis – carvão, petróleo, gás natural e urânio -, que exigem a sua extração da Natureza. Por isso, o cuidado com a Natureza deve ser exaustivamente estudado:



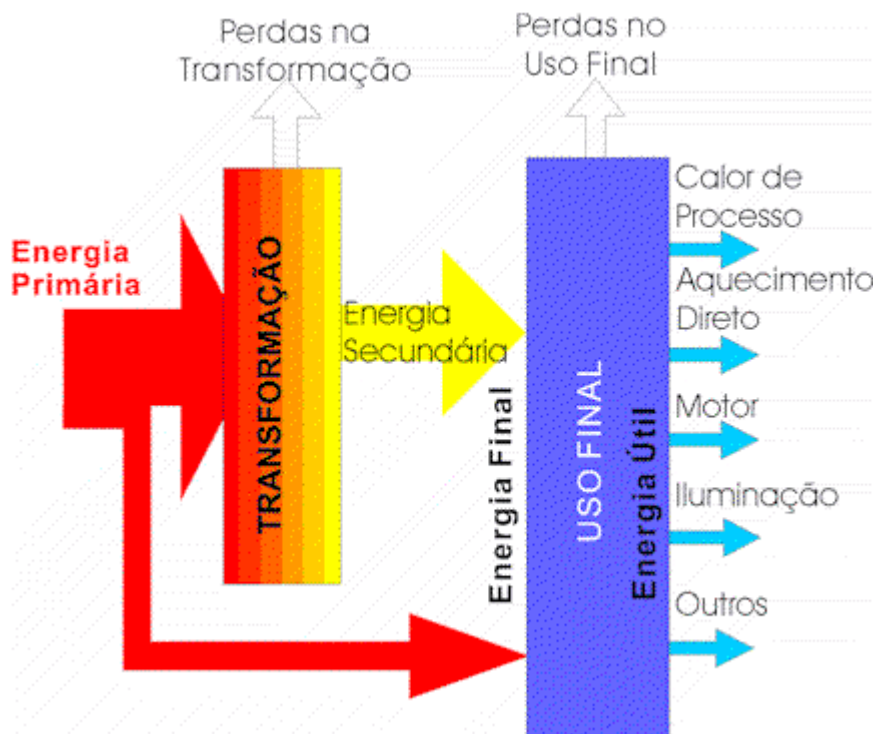
**Figura 5.2** Esquema de fontes de energia extraídas da Natureza (disponível em: <[www.janeladosaber.com/dia\\_energia/index.htm](http://www.janeladosaber.com/dia_energia/index.htm)>. Acesso em: 11 mar. 2009)

As matrizes energéticas mundial e brasileira em função da participação de várias fontes podem ser analisadas no Quadro 5.3:

**Quadro 5.3** Participação percentual de várias fontes de energia (GOMES NETO, 2005)

Fonte	Brasil (%)	Mundo (%)
Petróleo e derivados	43,2	34,9
Biomassa	27,2	11,5
Hidráulica/eletricidade	13,6	2,3
Urânio	1,9	6,8
Carvão mineral	6,6	23,5
Gás natural	7,5	21,1

No Brasil, a utilização das energias eólica e solar ainda é muito tímida, e as mesmas representam um grande potencial a ser explorado. A energia primária pode ser transformada e utilizada como energia secundária para vários fins, como mostra a Figura 5.3:



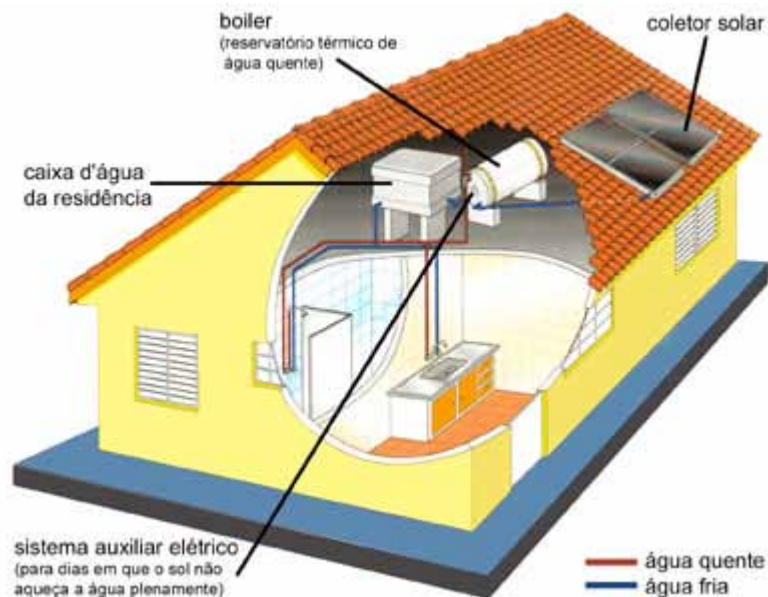
**Figura 5.3** Esquema de transformação de energia (disponível em: <[http://www.ecen.com/matriz/matriz2/en\\_quiv0.htm](http://www.ecen.com/matriz/matriz2/en_quiv0.htm)>. Acesso em: 21 jan. 2009)

### 5.3.1 Energia solar

A energia solar se constitui em uma forma de energia das mais importantes desde o início da vida na Terra. Pode-se dizer que o Homem é movido a energia solar – isso devido à fotossíntese, que permite aos seres denominados autotróficos, como os vegetais, conseguir concentrar, em suas moléculas, energia que posteriormente poderá ser retirada. Além disso, a energia utilizada em forma de lenha para combustão e empregada para aquecimento e cozinhar tem na energia solar sua forma primária.

Ao longo dos tempos, o Homem sempre utilizou a energia solar de forma indicada. A movimentação das águas no interior do ciclo hidrológico (evaporação) tem na energia solar seu princípio fundamental, como visto anteriormente.

Nos dias de hoje, a energia solar pode ser utilizada de formas diferentes, como, por exemplo, para aquecimento de água e obtenção de energia elétrica. Os sistemas de aquecimento de água empregam materiais que permitem, de forma simplificada, elevar a temperatura da água para banhos, cozimento e outros usos. Na Figura 5.4, pode-se observar um sistema de aquecimento solar:



**Figura 5.4** Esquema de sistema de aquecimento solar (disponível em: <[http://www.soletrol.com.br/educacional/casa\\_aquecedor.jpg](http://www.soletrol.com.br/educacional/casa_aquecedor.jpg)>. Acesso em: 21 jan. 2009)

Os sistemas podem ser muito simplificados, como os apresentados por José Alcino Alano (2004), que desenvolveu um sistema com materiais reciclados, mostrando as possibilidades permitidas pelo conhecimento de materiais e conhecimentos físicos. Esse sistema utiliza garrafas “pet” e embalagens Tetra Pak e pode ser uma solução extremamente interessante para população de

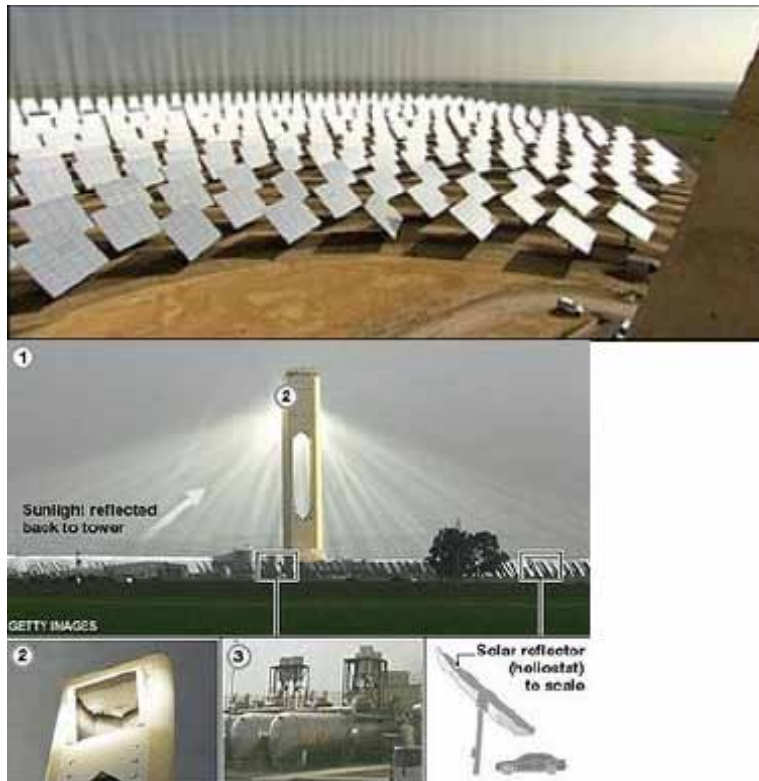
baixo poder aquisitivo. Na Figura 5.5, pode-se observar a sequência de montagem do aquecedor:



**Figura 5.5** Sistema de aquecimento solar desenvolvido com materiais reciclados (disponível em: <[http://www.aondevamos.eng.br/projetos/Manual\\_Jose\\_Alcino\\_Alano.htm](http://www.aondevamos.eng.br/projetos/Manual_Jose_Alcino_Alano.htm)>. Acesso em: 21 jan. 2009)

Além das maneiras simples apresentadas, hoje se podem ter sistemas bem mais sofisticados empregando-se a energia solar. Exemplo disso está na Espanha, na cidade de Sevilha, que recentemente inaugurou um sistema com muita tecnologia empregando painéis solares que concentram a energia em uma torre e, assim, aquecem água até a vaporização. Esse vapor, através de turbinas, gera energia elétrica para cerca de 1 milhão de pessoas. Esse sistema poderá ser utilizado em locais com elevados teores de incidência de radiação solar. A técnica poderá ser empregada também no Brasil em função das características do país. Na Figura 5.6, é apresentado um esquema do sistema de Sevilha:





**Figura 5.6.** Painéis solares em Sevilha, na Espanha (disponível em: <[http://atribos2p.blogspot.com/2007\\_05\\_01\\_archive.html](http://atribos2p.blogspot.com/2007_05_01_archive.html)>. Acesso em: 21 jan. 2009)

### 5.3.2 Energia eólica

Outra fonte renovável de energia e que tem características ambientalmente corretas é a energia eólica. A movimentação de massas de ar permite a utilização de energia eólica. Esse fato permitiu também o início da navegação e dos famosos moinhos de ventos, empregados no bombeamento de água e outros fins. Com a Revolução Industrial e o desenvolvimento de sistemas de máquinas mais sofisticados, ocorreu avanço no aproveitamento da energia eólica. Hoje os sistemas de energia eólica têm sido empregados em países como Portugal, Espanha, Alemanha e Canadá. No Brasil, o CBEE (Centro Brasileiro de Energia Eólica), localizado em Recife (PE), tem realizado estudos nessa área. Na Figura 5.7, têm-se imagens de sistemas de energia eólica:

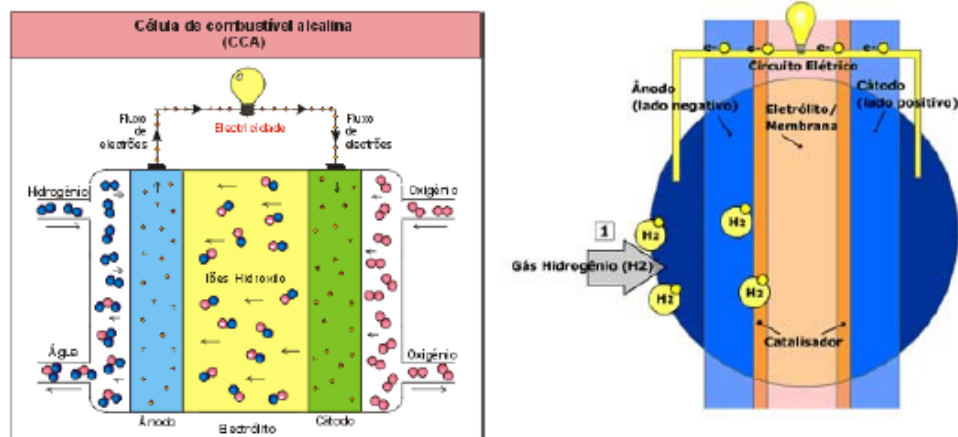


**Figura 5.7.** Sistema de energia eólica (disponível em: <[www.eolica.com.br](http://www.eolica.com.br)>. Acesso em: 11 mar. 2009)

### 5.3.3 Energia do hidrogênio

A energia do hidrogênio tem sido considerada por muitos como a energia do futuro. Na realidade, segundo Gomes Neto (2005), a utilização dessa energia foi descoberta há mais de 150 anos por meio da célula a combustível, que se constituiu em tecnologia que utilizava a combustão química entre oxigênio e hidrogênio, gerando energia elétrica, térmica e água.

Na Figura 5.8, apresentam-se esquemas do funcionamento das células a combustível. Um dos grandes usos que se deve fazer com essas células será a sua utilização em veículos em substituição aos combustíveis fósseis e também renováveis, tais como álcool e biodiesel. Várias indústrias automobilísticas têm desenvolvido protótipos. A Mercedes Bens desenvolveu o F-600 Hygeneius, com potência de 115 cv, ativado por célula a combustível. Segundo o fabricante, a meta é que, em 2012 ou 2015, o modelo esteja no mercado. Na Figura 5.9, apresenta-se uma fotografia do F-600:



**Figura 5.8** Esquemas de células a combustível (disponível em: <ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=...>. Acesso em: 11 mar. 2009)



**Figura 5.9** Imagem do F-600 Hygenius, da Mercedes Bens, movido a célula a combustível (DIÁRIO DE NATAL, 11 nov. 2005)

### 5.3.4 Biomassa

A biomassa se constitui em material orgânico que pode ser utilizado como gerador de energia de várias formas. A fermentação da matéria orgânica pode gerar gás metano, e o mesmo, ser utilizado de diferentes maneiras. Além disso, a matéria orgânica pode ser transformada em álcool para emprego como combustível, inclusive em veículos movidos a biodiesel.

Hoje, no Brasil, a energia derivada da biomassa representa 27,5%, como mostrado no Quadro 5.3. Essa energia está dividida entre o álcool e o carvão vegetal e a lenha. A energia da biomassa é, na realidade, decorrente da energia solar, obtida por meio da fotossíntese.

A energia da biomassa pode ser utilizada de forma bruta (direta) ou por meio de derivados. Assim, a madeira, óleos vegetais e animais, plantas diversas e gases resultantes da fermentação de resíduos orgânicos podem ser utilizados como combustível.

A biomassa se constitui em gerador de energia renovável, pois pode ser obtida pelo plantio de novas áreas. Nesse aspecto, o Brasil, com o domínio da tecnologia de álcool combustível, tem ocupado lugar de destaque no cenário mundial.

Essa energia poderá ser uma solução de grande efetividade a graves problemas no Brasil. Um deles se constitui na falta de sistemas de esgotos sanitários adequados para maioria da população. A construção de biodigestores pode, além de solucionar o problema ambiental provocado pela disposição inadequada dos esgotos, gerar energia para iluminação e energia que pode ser empregada em fogões e geladeiras a gás.

### 5.3.5 Energia e as questões ambientais

Os vários tipos de energia mostrados têm, cada um, formas diferentes de agredir o ambiente. No entanto, essas agressões podem ser extremamente diferenciadas. A queima de combustíveis fósseis, como os derivados do petróleo, tem trazido preocupações ambientais sérias, principalmente quando elas estão relacionadas ao aquecimento global e escurecimento global.

A utilização de energias limpas, tais como energia solar, eólica, células a combustível e biomassa, é uma prática que deve ser incentivada e desenvolvida de forma a substituir a utilização daquelas que trazem consequências negativas em termos ambientais. As várias formas de biomassa podem se tornar ainda mais efetivas na geração de energia. No entanto, devem existir políticas sérias, pois quando se ampliam as fronteiras agrícolas, desastres ambientais sérios podem ser provocados.

Exemplos de problemas ambientais podem ser verificados na década de 1980, quando os resíduos de usinas de álcool se constituíam em grandes desafios. Hoje o vinhoto é utilizado como fertilizante no solo, e o bagaço da cana é queimado, gerando energia para manutenção das atividades da usina, sendo que algumas produzem energia extra – para ser vendida – dessa queima. O que era visto como problema atualmente tem gerado recursos econômicos para a usina.

## 5.4 Considerações finais

A energia sempre será um fator decisivo na evolução da vida. O século XX mostrou que o Homem não tem limites em sua busca por melhoria da qualidade de vida. A matriz energética se amplia e se renova a cada dia. O crescimento populacional, no entanto, tem provocado alguns problemas ambientais complexos graças ao uso de certos tipos de energia, como a energia do petróleo, o que exige novas posturas.

Nesse contexto, existe a necessidade de conhecer melhor os efeitos advindos dessa utilização. O aquecimento global e o escurecimento global são fenômenos que exigem mudanças de visão do Homem sobre a Natureza.

Assim, a queima de combustíveis fósseis tem sido colocada como agente principal dos grandes efeitos negativos para a Natureza, efeitos ligados às mudanças climáticas. Dessa forma, a utilização de energias ditas mais limpas será a tônica dos próximos anos.

O Brasil tem grandes possibilidades de ocupar lugar de destaque, uma vez que possui potencial hídrico elevado e grande área para utilização da energia solar e eólica, além de todo o potencial do álcool, biodiesel e outras energias limpas. A descoberta de novas fontes de petróleo se soma à de outras fontes de energia.

A utilização dos créditos de carbono pode, em níveis energéticos, trazer benefícios variados ao Brasil. Dessa forma, há a demanda por profissionais que entendem e discutem mais efetivamente os aspectos energéticos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALANO, J. A. *Água quente para todos*. Curitiba: Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2004.

BRAGA, B. et al. *Introdução a Engenharia Ambiental*. São Paulo: Prentice-Hall, 2002.

GOMES NETO, E. H. *Hidrogênio: evoluir sem poluir*. Curitiba: Brasil H2o, 2005.

### Sites visitados

<[www.janeladosaber.com/dia\\_energia/index.htm](http://www.janeladosaber.com/dia_energia/index.htm)>

<[http://www.ecen.com/matriz/matriz2/en\\_quiv0.htm](http://www.ecen.com/matriz/matriz2/en_quiv0.htm)>

<[http://www.soletrol.com.br/educacional/casa\\_aquecedor.jpg](http://www.soletrol.com.br/educacional/casa_aquecedor.jpg)>

<[http://www.aondevamos.eng.br/projetos/Manual\\_Jose\\_Alcino\\_Alano.htm](http://www.aondevamos.eng.br/projetos/Manual_Jose_Alcino_Alano.htm)>

<[http://atribop2p.blogspot.com/2007\\_05\\_01\\_archive.html](http://atribop2p.blogspot.com/2007_05_01_archive.html)>

<[www.eolica.com.br](http://www.eolica.com.br)>

<[www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=...](http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=...)>

# **UNIDADE 6**

Desenvolvimento sustentável





## 6.1 Primeiras palavras

Para o Homem moderno, o limite parece ser o infinito. O avanço tecnológico tem ocorrido com extrema velocidade, proporcionando a ele condições de conforto que, até algumas décadas, eram inimagináveis.

A comunicação e o transporte proporcionam ao ser humano moderno relações totalmente diversas daquelas do início do século XX. A globalização moderna permite que as distâncias sejam cada vez menores, fazendo com que a sociedade tenha um novo paradigma: a sociedade do conhecimento também se tornou a sociedade do consumo.

Com o objetivo de garantir que as gerações futuras possam ter qualidade de vida e acesso aos recursos naturais hoje disponíveis, foi criado o conceito de sustentabilidade.

## 6.2 Problematizando o tema

O uso de recursos tais como a água, o ar e o solo tornam-se cada dia mais extensivo em função dessas novas características de vida. Assim, observa-se uma nova forma de exclusão, que está intimamente ligada à disponibilidade de recursos naturais. Quando se alia essa situação às condições de pobreza, falta de Educação e de saúde, a qualidade de vida decai de forma violenta. Pode-se perceber, então, uma divisão entre a sociedade com acesso aos recursos e aquela totalmente alijada do processo. Mesmo assim, a falta de água, hoje um problema principalmente das populações carentes, pode também afetar pessoas com mais recursos financeiros em um futuro próximo.

Esse novo mundo exige posturas diferenciadas por parte dos diversos atores nele envolvidos. Assim, governo, sociedade, empresas e mercado devem estar integrados na busca por soluções para a questão ambiental.



### 6.3 Texto básico para estudo

O crescimento populacional tem provocado grandes alterações no planeta. Entre elas, podem-se mencionar: o aumento do nível de poluição dos recursos naturais e da geração de produtos e resíduos tóxicos, o avanço do desmatamento, a perda da diversidade e o extensivo uso das reservas de combustíveis fósseis e das fontes de matérias não renováveis. Alguns impactos são verificados em escalas locais, mas existem outros que atingem escala global, como a redução da camada de ozônio, o efeito estufa e a chuva ácida. O primeiro bilhão de habitantes foi registrado em 1802, e o segundo bilhão foi atingido após 126 anos, conforme observa-se na Tabela 6.1. O crescimento da população está muito acelerado e apesar de as estimativas indicarem que o tempo para atingir um novo bilhão será maior em alguns anos a partir de 2012, ainda assim o número de pessoas irá aumentar com muita rapidez, exigindo que nossas ações sejam muito planejadas, para que todos possam ter alimento e qualidade de vida:

**Tabela 6.1** Crescimento da população mundial de 1802 até 2070 (estimativa) (disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Popula%C3%A7%C3%A3o\\_mundial](http://pt.wikipedia.org/wiki/Popula%C3%A7%C3%A3o_mundial)>. Acesso em: 20 mar. 2009)

Crescimento da população mundial		
População	Ano	Tempo para o próximo bilhão (em anos)
1 bilhão	1802	126
2 bilhões	1928	33
3 bilhões	1961	13
4 bilhões	1974	13
5 bilhões	1987	12
6 bilhões	1999	13
7 bilhões*	2012	16
8 bilhões*	2028	22
9 bilhões*	2050	20
10 bilhões*	2070	26

(\*) estimativa

Alguns dos motivos que provocaram esse rápido crescimento podem ser: diminuição da mortalidade após o término da Segunda Guerra Mundial, melhores condições de saúde com a implantação de campanhas de vacinação e de saúde pública implicando aumento da expectativa de vida.

Os benefícios adquiridos trouxeram questões a serem discutidas e resolvidas no tocante à preservação ambiental necessária para atingir a qualidade de vida desejada.

Desde meados do século XX, mas com maior intensidade em seu final, ações como RIO 92, Tratado de Kyoto e Conferência de Bali têm feito com que os agentes envolvidos se reúnam e tentem encontrar um ponto de concordância em relação aos problemas ambientais.

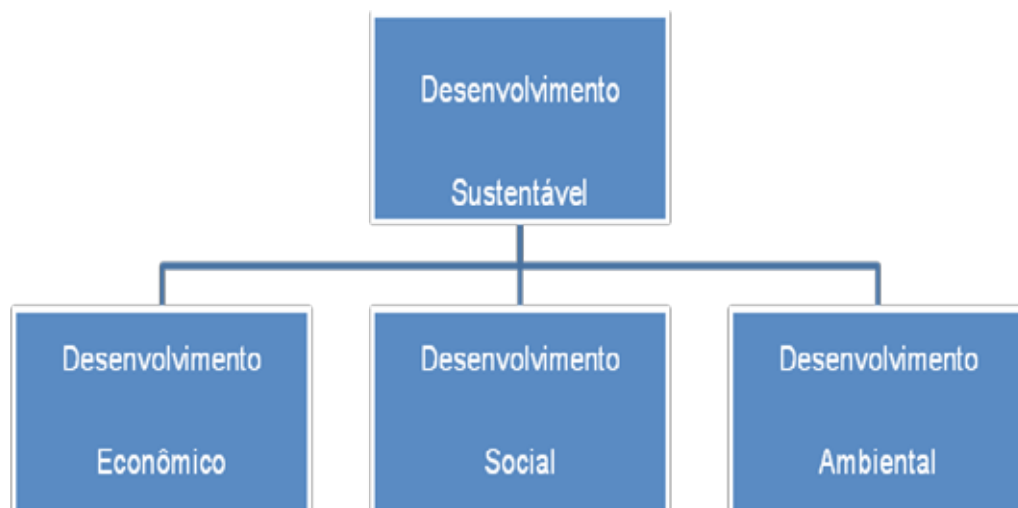
Todos os agentes envolvidos - Estados, sociedade, mercado e iniciativa privada - têm responsabilidade efetiva na questão. Seu papel é de fundamental importância para que, no futuro, o mundo se desenvolva de forma mais sustentável.

De acordo com a CMMAD (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento) da ONU, desenvolvimento sustentável é um conjunto de processos e atitudes que atende às necessidades presentes sem comprometer a possibilidade de que as gerações futuras satisfaçam as suas próprias necessidades.

O engenheiro, como visto anteriormente, se constitui em um profissional que tem como característica principal a transformação. Em praticamente todas as ações humanas, ele se faz presente, fornecendo ao Homem materiais, equipamentos e sistemas que são capazes de atender aos seus anseios. A Engenharia está presente no dia-a-dia do ser humano seja na habitação, transporte, saúde, produção e transformação de alimentos, comunicação, educação e geração e uso da energia.

Assim, o papel do engenheiro ambiental é cada dia mais abrangente e envolve a busca por soluções adequadas para reparar problemas anteriores e/ou para prevenir novos problemas.

Na Figura 6.1, pode-se observar que o desenvolvimento sustentável está alicerçado nos desenvolvimentos ambiental, econômico e social:



**Figura 6.1** Alicerces do desenvolvimento sustentável (CORDEIRO, 2007)

O meio ambiente, por muitos anos, foi completamente ignorado, e, em busca do desenvolvimento econômico e da necessidade de aumentar a produção de alimentos, muitos elementos extremamente tóxicos foram lançados nos solos, nas águas e no ar. Alguns exemplos são os defensivos agrícolas - altamente persistentes - e os fertilizantes, o uso de mercúrio para exploração do ouro, metais pesados utilizados em indústrias, os CFC (clorofluorcarbonos) – responsáveis pela destruição da camada de ozônio, entre outros.

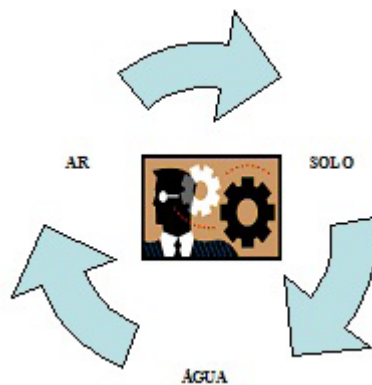
Para obter o desenvolvimento econômico, não se podem ignorar as questões ambientais, tal desenvolvimento depende dos recursos naturais. Vale lembrar que recurso é algo cuja exploração é economicamente viável. Sem a conservação desses recursos, o valor agregado aos produtos pode ficar muito elevado, e estes deixarem de ser competitivos, o que pode até inviabilizar uma atividade pela ausência da matéria prima ou qualidade da água disponível no local, entre outros. As indústrias deverão investir em buscar tecnologias mais limpas, fontes de energia alternativas, aprimorar os processos de produção, aperfeiçoar e modificar seus produtos se necessário, implantar o reúso de água em sua linha de produção, investir na diminuição da quantidade de poluentes líquidos, sólidos e gasosos por ela gerados. Não cabe somente às indústrias a responsabilidade de garantir o desenvolvimento sustentável. Os governantes e a sociedade civil têm papel importante nesse processo.

Apesar de nossa legislação ter criado áreas de proteção ambiental com preservação da mata ciliar, de manancial e impedindo a ocupação dessas áreas, no Brasil existem, infelizmente, vários locais com ocupação inadequada. Um exemplo dessa situação é a ocupação das margens da represa Billings, situada na região metropolitana de São Paulo, cujo esgoto está sendo lançado diretamente no manancial, o que ocasiona um crescimento excessivo de algas

e eleva o custo de tratamento da água. Tal ação também causa problemas de assoreamento na represa devido à remoção da vegetação nativa para construção das casas. Assim, esse importante manancial tem sofrido alterações na qualidade e na quantidade de sua água.

É de extrema importância o desenvolvimento social da população. A geração de emprego, a oferta de oportunidades de aprimoramentos, o conhecimento dos problemas presentes e suas consequências são instrumentos para criação de uma sociedade mais consciente e participativa. Sua contribuição pode vir, por exemplo, com ações para redução de desperdícios, separação e reciclagem do resíduo doméstico, propiciando a melhoria coletiva.

Na Figura 6.2, tem-se um esquema mostrando que esses recursos se integram e que, por meio deles e suas relações, o mundo pode caminhar para uma sociedade sustentável. O conhecimento tecnológico e sua evolução se constituem em outro fator decisivo na formação do engenheiro ambiental. Tem-se de lembrar que, no século XXI, o profissional deve estar em constante aperfeiçoamento para acompanhar a evolução do conhecimento:



**Figura 6.2** Esquema de relações entre o Homem e o meio ambiente (CORDEIRO, 2007)

## 6.4 Considerações finais

Analisando as questões discutidas, deve-se levar em consideração que o engenheiro ambiental deve ser um profissional com características de visão sistêmica. A visão sistêmica é construída a partir de conhecimentos que se integram e que são capazes de mostrar o todo, sendo que esse todo se constitui em partes interligadas por fortes relações entre si.

A visão sistêmica ambiental se consolida apoiada no entendimento das relações entre água, ar e solo. Dessa maneira, o engenheiro ambiental deve ser um profissional que tem sólida formação básica - Matemática, Física e Química

- e que está preparado para entender as relações existentes entre os recursos naturais, como discutido anteriormente.

Ainda, o engenheiro ambiental deve se preparar para conhecer a legislação, normas e regulamentos que dizem respeito à questão ambiental. É importante o acompanhamento do panorama legal que se estabelece. Entre as leis, pode-se citar:

- Lei n.º 9.433/97: Plano Nacional de Recursos Hídricos;
- Lei n.º 9.605/98: Crimes ambientais;
- Resoluções Conama;
- Constituição Federal,

Assim, o profissional engenheiro ambiental, ao final de seu curso, estará apto a formular e solucionar problemas dos mais diversos. Os IEA (Estudos de Impacto Ambiental) e RIMA (Relatórios de Impacto Ambiental) se constituem em ferramentas essenciais para o trabalho dos engenheiros ambientais. Assim, esses profissionais devem estar preparados para a elaboração de estudos que devem ser realizados em equipes multidisciplinares e transdisciplinares. O trabalho em equipe (times) é fundamental nessas atividades. Dessa forma, aprender a trabalhar em equipe é um elemento primordial no processo de formação do engenheiro ambiental.

## 6.5 Referência

CORDEIRO, J. S. *Introdução a Engenharia Ambiental*. Apostila do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Aberta do Brasil. São Carlos: UAB-UFSCar, 2007.



