

# Visão Didática sobre o Meio Ambiente na Baixada Santista

*Roberto Fioravanti Carelli Fontes  
Ana Júlia Fernandes Cardoso de Oliveira  
Marcelo Antonio Amaro Pinheiro*

ISBN 978-85-61498-01-6



9 788561 498016 >



# VISÃO DIDÁTICA SOBRE O MEIO AMBIENTE NA BAIXADA SANTISTA

*Roberto Fioravanti Carelli Fontes*  
*Ana Júlia Fernandes Cardoso de Oliveira*  
*Marcelo Antonio Amaro Pinheiro*

*1ª edição*

Realização:



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus Experimental do Litoral Paulista (CLP)



Apoio:



CBH - BS  
comitê da bacia  
hidrográfica da  
baixada santista



**SECRETARIA DO  
MEIO AMBIENTE**



**GOVERNO DO ESTADO DE  
SÃO PAULO**

São Vicente  
2008

**Governo do Estado de São Paulo**

*José Serra - Governador*

**Universidade Estadual Paulista - UNESP**

*Marcos Macari - Reitor*

**Comitê da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista - CBH-BS**

*João Carlos Forssell - Presidente*

**Programa Continuado em Educação Ambiental Aplicada**

*Jânio Itiro Akamatsu - Coordenador*

**Campus Experimental do Litoral Paulista - CLP**

*Marcelo Antonio Amaro Pinheiro - Coordenador Executivo*

**Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" UNESP**

Campus Experimental do Litoral Paulista (CLP)

Praça Infante Dom Henrique, s/n - Parque Bitaru

11330-900 - São Vicente - SP

Tel.: (13) 3569-9400

*www.clp.unesp.br / diretoria@clp.unesp.br*

**Produção Eletrônica:**

*Roberto Fioravanti Carelli Fontes*

feito com  $\text{\LaTeX}$

**Fotografia da Capa:**

*Bianchi Jr. - Atos 2 Multimídia<sup>©</sup>, direitos reservados*

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil

---

Visão Didática sobre o Meio Ambiente na Baixada Santista / autores: Roberto Fioravanti Carelli Fontes, Ana Júlia Fernandes Cardoso de Oliveira e Marcelo Antonio Amaro Pinheiro - São Vicente: Universidade Estadual Paulista, Campus Experimental do Litoral Paulista, 2008. 173p.

Inclui bibliografia ISBN 978-85-61498-01-6

1. Ecossistemas costeiros - São Paulo - Baixada Santista. 2. Ecossistemas aquáticos - Poluição. 3. Microbiologia marinha. 4. Oceanografia. 5. Gestão de resíduos sólidos. 6. Gestão de recursos hídricos. 7. Educação ambiental. I. Título. II. Fontes, Roberto Fioravanti Carelli. III. Oliveira, Ana Júlia Fernandes Cardoso de. IV. Pinheiro, Marcelo Antonio Amaro.

CDD 574.52638

---

*Árdua foi a empreza, audaz quem se abalançou a Ella. (...) Mas, quem conhece as dificuldades com que se luta entre nós para se alcançar alguma cousa, quem está ao facto do estado da nossa sociedade, quem sabe, além disso, dos embaraços e dificuldades que ha de vencer na formação de um trabalho desse genero, mesmo em paizes mais bem montados, e nos quaes as questões desta ordem são estudadas com todo o cuidado e critério, não deixará sem dúvida de avaliar logo quantas faltas e defeitos se deverão encontrar nesta parte do nosso escripto, e com quantas dificuldades não lutamos, quanto tempo não gastamos para podermos conseguir fazer este trabalho, assim mesmo imperfeito como é.*

**José Pereira Rego (Barão do Livradio), 1851.**

## AGRADECIMENTOS

O livro "Panorama Ambiental da Baixada Santista" traduz, em grande parte, a capacitação acadêmica e técnica de vários profissionais da área ambiental e da educação, sendo resultado de grande esforço, dedicação e determinação daqueles que colaboraram para a realização do "Programa Continuado em Educação Ambiental Aplicada". Agradecemos em especial a todos os professores da Rede Pública do Ensino Estadual e Municipal da Baixada Santista que participaram do referido programa e inspiraram esta obra. Expressamos aqui nossos sinceros agradecimentos a todas as pessoas e instituições que contribuíram para a realização deste projeto, a saber:

- ao Magnífico Reitor da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Prof. Dr. Marcos Macari, pela confiança no Prof. Dr. Marcelo Antonio Amaro Pinheiro (CLP/UNESP São Vicente) e Prof. Dr. Jânio Itiro Akamatsu (FEG/UNESP Guaratinguetá), na condução dos trabalhos para o desenvolvimento deste programa;

- aos docentes do Campus Experimental do Litoral Paulista (CLP/UNESP São Vicente), autores dos capítulos deste livro, bem como aos vários alunos do Curso de Ciências Biológicas (Bacharelado) - Habilitações em Biologia Marinha e Gerenciamento Costeiro, que auxiliaram durante a organização geral e nas saídas de campo;

- aos docentes dos demais Campi Universitários da UNESP, pela participação e auxílio ao referido programa, os quais são locados na Faculdade de Engenharia (FEG)/UNESP Guaratinguetá; Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT)/UNESP Presidente Prudente; e Faculdade de Engenharia de Bauru (FEB)/UNESP Bauru;

- aos profissionais que compartilharam seu conhecimento proferindo palestras nas suas áreas de competência: Bióloga Ingrid Oberg (Chefe do Escritório Regional do IBAMA - Santos), Sr. Fábio Ribeiro Dib (Advogado Especialista em Meio Ambiente - OAB/Caá-Oby), Prof. Dr. Mateo Rodrigues (Universidade de Havana), Eng. Luiz Antonio Barros (Assessor do Superintendente Regional da SABESP), Eng. Carlos Eduardo Nascimento Alencastre (Conselho Nacional de Recursos Hídricos dos Comitês de Bacia do Estado de São Paulo), Eng. Eliseu Itiro Ayabe (Câmara Técnica de Cobrança dos Recursos Hídricos) e Eng. José Luiz Gava (Secretário Executivo do Comitê da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista);

- a todos os integrantes do Comitê da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista (CBHBS), em especial ao Sr. Francisco Gomes da Costa Neto (SEP/DETUR - Santos) e Sra. Maria Wanda Iorio (DAEE), pela idealização e apoio ao referido programa;

- às Prefeituras Municipais da Baixada Santista que auxiliaram na divulgação do programa desenvolvido, em especial à Prefeitura Municipal de São Vicente, pela concessão de uso do Centro de Convenções "Costa da Mata Atlântica", onde o programa foi desenvolvido;

- à Diretoria de Ensino da Região de Santos, na pessoa da Sra. Maria Lucia Ferreira dos Santos Almeida, pelo seu apoio incondicional, que certamente auxiliou no êxito das atividades desenvolvidas;

- à Sra. Helena Maria Spadotto Pinheiro e Sra. Thais Leandra Siems, pela impagável dedicação e eficiência despendidas junto aos coordenadores deste programa;
- aos servidores administrativos da Área de Finanças da FEG/UNESP Guaratinguetá, em especial a Sra. Rogéria Paula Antunes Oliveira e Sra. Ariane Maria Vieira Calheiros Coelho, pelo acompanhamento financeiro do programa;
- aos alunos Fábio Emanuel Lopes de Matos e Luis Augusto Maia Marques, na ocasião cursando a graduação em Ciências Biológicas (UNESP/CLP ), bem como a Daniel Bolyhos, aluno do curso de Desenho Industrial (UNIBAN), que gentilmente confeccionaram as figuras dos Capítulos 2, 5 e 3, respectivamente; e
- à Sra. Elci Carelos Fontes, que gentilmente efetuou a revisão ortográfica e gramatical desta obra.

Sumário . . . . .	VI
<b>1 Visão Didática sobre o Meio Ambiente na Baixada Santista</b>	<b>1</b>
1.1 Prefácio . . . . .	1
1.2 Atividades no Âmbito do “Programa Continuado em Educação Ambiental Aplicada” . . . . .	5
<b>2 Os Ecossistemas Costeiros na Baixada Santista</b>	<b>12</b>
2.1 Introdução . . . . .	12
2.2 O Ambiente Marinho . . . . .	12
Biodiversidade no Ambiente Marinho . . . . .	15
2.3 Costões Rochosos . . . . .	17
Biodiversidade nos Costões Rochosos . . . . .	18
2.4 Estuários e Manguezais . . . . .	20
Biodiversidade nos Estuários e Manguezais . . . . .	21
2.5 Praias Arenosas . . . . .	24
Biodiversidade em Praias Arenosas . . . . .	26
Biodiversidade nas Restingas . . . . .	28
2.6 Ilustrações de Ambientes Costeiros na Baixada Santista . . . . .	31
2.7 Agradecimentos . . . . .	58
Bibliografia Utilizada e Leitura Complementar . . . . .	58
<b>3 Uma Introdução à Oceanografia Física e Geológica</b>	<b>60</b>
3.1 Introdução . . . . .	60
3.2 Origem dos Oceanos e da Atmosfera . . . . .	60
3.3 O Sistema Oceano-atmosfera . . . . .	62
3.4 Entradas de Calor no Planeta . . . . .	63
3.5 Ventos . . . . .	64
3.6 Correntes . . . . .	65
3.7 Física do Oceano Costeiro e dos Estuários . . . . .	66
3.8 Marés . . . . .	70
3.9 Ondas . . . . .	71
3.10 Atividades Propostas . . . . .	71
3.10.1 Ventos . . . . .	71
3.10.2 Observação de Ondas . . . . .	72
3.10.3 Régua Maregráfica . . . . .	72
3.11 Agradecimentos . . . . .	74
Bibliografia Utilizada e Leitura Complementar . . . . .	74

<b>4 Aspectos Sobre Poluição Aquática na Zona Costeira</b>	<b>75</b>
4.1 Introdução . . . . .	75
4.2 Dinâmica dos contaminantes no ecossistema aquático . . . . .	79
4.2.1 Toxicidade . . . . .	80
4.3 Aporte de Contaminantes para o Ambiente . . . . .	80
4.3.1 Matéria Orgânica . . . . .	80
4.3.2 Metais . . . . .	82
4.3.3 Hidrocarbonetos . . . . .	82
4.3.4 Hidrocarbonetos halogenados . . . . .	82
4.3.5 Detergentes . . . . .	84
4.3.6 Poluição térmica . . . . .	84
4.3.7 Medicamentos . . . . .	84
4.4 Custos Sócio-Econômicos e Ambientais da Poluição . . . . .	85
4.5 Características dos Esgotos Domésticos . . . . .	87
4.5.1 Planejamento e Sistemas de Coleta e Tratamento de Esgotos Domésticos . . . . .	87
4.6 Disposição de esgotos no Brasil . . . . .	92
4.7 Roteiros para trabalhos com alunos . . . . .	92
Bibliografia Utilizada e Leitura Complementar . . . . .	94
<b>5 Microbiologia e Saúde Pública</b>	<b>95</b>
5.1 Introdução . . . . .	95
5.2 Doenças de Veiculação Hídrica . . . . .	97
5.3 Qualidade Microbiológica de Águas Recreacionais Marinhas E Saúde Pública	103
5.4 Ilustrações . . . . .	108
Bibliografia Utilizada e Leitura Complementar . . . . .	118
<b>6 Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos</b>	<b>120</b>
6.1 Conceitos Básicos . . . . .	120
6.2 Caracterização de Resíduos Sólidos Urbanos . . . . .	123
6.3 Coleta e Transporte . . . . .	124
6.4 Processamento e Tratamento de Resíduos . . . . .	125
6.5 Disposição Final . . . . .	127
Bibliografia Utilizada e Leitura Complementar . . . . .	131
<b>7 Participação Social e o Espaço Geográfico</b>	<b>132</b>
7.1 Introdução . . . . .	132
7.2 Algumas Notas de Metodologia em Educação Ambiental . . . . .	134
7.3 A Inserção do Espaço Geográfico . . . . .	137
Bibliografia Utilizada e Leitura Complementar . . . . .	141

<b>8</b>	<b>O Ecoturismo como Estratégia de Educação Ambiental</b>	<b>143</b>
8.1	Introdução . . . . .	143
8.2	O Desenvolvimento Sustentável e o Turismo . . . . .	144
8.3	O Ecoturismo como Instrumento de Sustentabilidade Ambiental . . . . .	147
8.4	O Ecoturismo como Estratégia de Educação Ambiental . . . . .	149
8.5	Conclusões . . . . .	151
	Bibliografia Utilizada e Leitura Complementar . . . . .	152
<b>9</b>	<b>Participação Social na Gestão das Águas</b>	<b>154</b>
9.1	Introdução . . . . .	154
9.2	Pressupostos Básicos para a Gestão Participativa das Águas . . . . .	156
9.3	Gestão das Águas no Estado de São Paulo . . . . .	158
9.4	O Parlamento das Águas . . . . .	161
9.5	Educação Ambiental como Instrumento para Melhorar a Gestão das Águas	163
9.6	Conclusão . . . . .	166
	Bibliografia Utilizada e Leitura Complementar . . . . .	167
<b>10</b>	<b>Sobre os Autores</b>	<b>169</b>

*Marcelo Antonio Amaro Pinheiro*<sup>1</sup>  
*Ana Júlia Fernandes Cardoso de Oliveira*<sup>1</sup>  
*Roberto Fioravanti Carelli Fontes*<sup>1</sup>

### 1.1 Prefácio

A Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS) foi criada pela Lei Complementar Estadual nº 815/1996. Trata-se da primeira região metropolitana brasileira que não tem o status de capital estadual, sendo composta por nove municípios litorâneos (Figura 1.1): São Vicente, Santos, Cubatão, Guarujá, Bertioga, Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe.

A RMES compreende uma área de 2.373km<sup>2</sup>, representando menos do que 1% da superfície do Estado de São Paulo, embora seja sua terceira maior área metropolitana. Possui uma população fixa de 1,7 milhões de pessoas, que pode duplicar nos finais de semana prolongados e, principalmente, durante as férias.

As atividades desenvolvidas nos municípios da RMBS são diversificadas e constituídas por um expressivo pólo industrial, siderúrgico e petroquímico, localizado principalmente no Município de Cubatão, além do Complexo Portuário de Santos. O comércio e o turismo são atividades complementares, embora não menos importantes, sendo fomentadas pela população local e por turistas que freqüentam suas praias, matas, rios e cascatas.

O incremento das relações comerciais remonta à exportação do café, afluxo de imigrantes e desenvolvimento do comércio varejista e atacadista, originados pela proximidade do complexo portuário. O Porto de Santos é um dos maiores e mais importantes da América do Sul, movimentando cargas dos mais variados tipos e origens, sendo responsável por cerca de 40% do movimento nacional de contêineres. O crescimento histórico de Santos se irradiou de forma rápida para Cubatão e Guarujá, e gradativamente aos demais municípios que compõem a RMBS. Assim, os municípios de São Vicente e Praia Grande foram se transformando gradualmente em cidades-dormitório, devido às melhores condições de ocupação pelo espaço disponível, bem como menores preços praticados nos aluguéis e comercialização de imóveis.

Apesar do expressivo desenvolvimento industrial e portuário, a RMBS também é cenário de vários problemas ambientais, com diferentes naturezas e intensidades. O cresci-

---

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Campus Experimental do Litoral Paulista (CLP) Praça In-fante Dom Henrique, s/n - Parque Bitaru - 11330-900 - São Vicente (SP). Brasil



Figura 1.1: Mapa da Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS) e sua localização no Estado de São Paulo (Fonte: IGC, 2007)

mento populacional desta região, caracterizada pelo uso não sustentável de seus recursos, tem promovido alterações significativas aos ecossistemas costeiros. As carências no setor habitacional, de saneamento e de transporte já são perceptíveis em muitos municípios da RMBS. Os problemas com transporte foram contemporizados pela construção da nova Rodovia dos Imigrantes, permitindo um fluxo veicular mais facilitado com a Grande São Paulo, o que trará, a médio e longo prazo, outros problemas à Baixada Santista. O maior afluxo de pessoas ultrapassará em muito o já frágil e limitado suporte ambiental que a região pode oferecer. A previsão é que nos próximos anos o crescimento urbano se intensifique, seja pelo aumento de turistas ou pela procura por empregos na indústria de petróleo e gás, tornando esta região um importante alvo migratório.

O aumento populacional tem como algumas de suas conseqüências o aumento da quantidade de lixo e da emissão de esgotos domésticos, além de trazer outras ameaças à planície costeira, manguezais, estuários, mata atlântica, e das raras áreas de restinga que o estado ainda possui. Assim, o crescimento da população da RMBS deverá ser acompanhado de políticas públicas que tenham como principal objetivo planejar seu desenvolvi-

mento sustentável.

A ausência de tratamento adequado do lixo e dos esgotos domésticos ainda requer investimentos grandes e imediatos, o que minimizaria, em longo prazo, o grave quadro de poluição das praias e rios da Baixada Santista. Entre outros problemas destacam-se, ainda: 1) a demora na conclusão do rodoanel e a construção de vias perimetrais ao porto, o que resolveria as filas extensas de caminhões e dificuldades no escoamento de mercadorias e contêineres; 2) a falta de planejamento turístico integrado e de investimentos na infra-estrutura hoteleira; 3) o atraso na construção de um aeroporto regional, devido à grande intervenção ambiental pretendida; e 4) o crescimento desordenado das cidades-dormitório ao redor de Santos, ocasionando o estabelecimento de grandes favelas, onde vivem atualmente cerca de 400 mil pessoas.

No entanto, nem tudo é tão desfavorável à Baixada Santista. Um dos exemplos é a existência do Parque Estadual da Serra do Mar, com quase 315 mil hectares, se estendendo desde o Município de Itariri, no sul do Estado de São Paulo, até a divisa com o Estado do Rio de Janeiro. Nesta área, onde se preserva o principal maciço da Mata Atlântica do Brasil, existem rios e cachoeiras de águas cristalinas, além da expressiva diversidade animal e vegetal que lhe caracteriza. Incrivelmente, tudo isso a menos de uma hora da capital metropolitana do Estado de São Paulo, uma das maiores do mundo, e em convívio harmonioso com o Pólo Industrial existente no Município de Cubatão. Outrora, a Mata Atlântica já cobriu quase toda a faixa litorânea brasileira, estando atualmente restrita a 7% de seu tamanho e protegida em parques, reservas e estações ecológicas, conhecidas como Unidades de Conservação de uso indireto (UCs). No Estado de São Paulo a principal delas é o Parque Estadual da Serra do Mar, administrado pela Secretaria do Meio Ambiente, através do Instituto Florestal.

Com a recente descoberta do Campo de Tupi, uma extensa província oceânica de óleo e gás, prevê-se um aumento expressivo de várias atividades na RMBS, particularmente no Município de Santos, que é sua sede regional. Além do maior desenvolvimento das indústrias e da rede de transportes, a capacitação profissional será uma das maiores necessidades ao oferecimento de serviços qualificados, nas mais variadas áreas. A exploração de óleo e gás, bem como seu beneficiamento, demandará investimentos vultosos, acarretando aumento expressivo do pólo petroquímico e das malhas rodoviária e ferroviária atuais. A expansão do setor imobiliário, que já é notável desde há algum tempo, é facilmente confirmada pelos diversos anúncios comerciais de novos prédios e condomínios, que será ainda mais aquecida com a crescente migração para esta região.

Outra questão regional extremamente importante é a necessidade da modernização do Porto de Santos, que surge pela demanda ao escoamento da produção nacional, bem como melhor receptividade aos grandes transatlânticos que ali têm feito escala turística. Em suma, as atividades de exploração dos recursos minerais, juntamente com a expansão do setor imobiliário e a modernização do Porto de Santos aumentarão muito a atividade econômica. Conseqüentemente, problemas como a ocupação desordenada, a falta de saneamento básico e a favelização, estarão entre as questões de maior relevância à RMBS

na próxima década.

Esta obra surgiu como um dos produtos gerados pelo “Programa Continuado em Educação Ambiental Aplicada”, financiado por recursos do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO), idealizado pela Comissão de Educação Ambiental do Comitê da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista (CBH-BS), e executado por docentes da Universidade Estadual Paulista (UNESP); Campus Experimental do Litoral Paulista (CLP) - São Vicente; Faculdade de Engenharia (FEG) - Campus de Guaratinguetá; Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) - Campus de Presidente Prudente, e Faculdade de Engenharia de Bauru (FEB) - Campus de Bauru.

O **Comitê de Bacias Hidrográficas da Baixada Santista (CBH-BS)** é um órgão criado pelo poder público para gerenciar, de forma descentralizada e participativa, os recursos hídricos das sub-bacias que em seu conjunto formam a Bacia Hidrográfica da Baixada Santista (UGRHI, através de um colegiado composto por representantes estaduais, municipais e da sociedade civil organizada. Trata-se de uma iniciativa inovadora na administração dos bens públicos de interesse à sociedade, como é o caso da água. Na Baixada Santista, a sociedade civil organizada possui fórum com regulamento próprio, elegendo seus representantes em assembléia, para um mandato de dois anos. Quanto aos municípios, os representantes são os prefeitos, ou pessoa por eles indicada, enquanto a representação do Estado ocorre por indicação dos dirigentes de órgãos públicos regionais recursos hídricos e ou do meio ambiente.

A **Universidade Estadual Paulista (UNESP)** é uma das maiores e mais importantes universidades brasileiras, com destacada atuação em ensino, pesquisa e extensão de serviços à comunidade. Mantida pelo Governo do Estado de São Paulo, é uma das três universidades públicas de ensino gratuito, ao lado da Universidade de São Paulo (USP) e da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). No entanto, é a única universidade pública que está distribuída por todo o território paulista, sendo denominada “A Universidade de Todo o Estado de São Paulo”. Seus campi universitários estão instalados em 23 cidades, sendo 21 deles no interior, um na capital (São Paulo), e outro no litoral – o Campus Experimental do Litoral Paulista (CLP) – o primeiro de uma universidade pública no Litoral Paulista.

O **Programa Continuado em Educação Ambiental Aplicada** teve como objetivo a capacitação de professores do Ensino Fundamental Público (5ª a 8ª séries), contribuindo na ampliação de seus horizontes teórico-práticos e fortalecimento da área ambiental na RMBS. Partindo de uma visão multi e interdisciplinar da educação ambiental, este programa possibilitou que 480 educadores compreendessem melhor a execução de trabalhos ambientais relevantes em contexto regional, seja intra ou extraclasse. Assim, esta obra tem como finalidade focar os temas abordados durante as aulas teóricas e/ou práticas oferecidas pelos docentes da UNESP, apresentando o panorama ambiental da Baixada Santista, sua biodiversidade e os impactos causados pelo homem com vistas ao desenvolvimento.

O programa ocorreu sob coordenação da UNESP, em cooperação com os membros da

Comissão de Educação Ambiental do CBH-BS e da Agência Metropolitana da Baixada Santista (AGEM). Os membros da Equipe de Coordenação da UNESP foram: Prof. Dr. *Marcelo Antonio Amaro Pinheiro* (Coordenador Executivo do Campus Experimental do Litoral Paulista – CLP), Profa. Dra. *Ana Júlia Fernandes Cardoso de Oliveira* (CLP), Prof. Dr. *Roberto Fioravanti Carelli Fontes* (CLP) e Prof. Dr. *Jânio Itiro Akamatsu* (FEG/Campus de Guaratinguetá). A Comissão de Educação Ambiental do CBH-BS foi representada por: Sr. *Francisco Gomes da Costa Neto* (AGEM), Sr. *Carlos Alberto Rodrigues* (Sindicato dos Trabalhadores de Indústrias Químicas, Farmacêuticas e de Fertilizantes), Sra. *Glória Cristina Carriéri Bruno* e Sra. *Vera Lucia Giacomett Bruno* (Prefeitura Municipal de Praia Grande), Sr. *Jasson Leonidio dos Santos* (APAMAR), Sra. *Maria Wanda Iorio* (DAEE), Sra. *Rosana Marques* (Prefeitura Municipal do Guarujá) e Sra. *Suzana Cidade Soares Caiuby* (Prefeitura Municipal de Santos).

Esperamos que os assuntos abordados na presente obra possam servir de base informativa aos professores que participaram do “Programa Continuado em Educação Ambiental Aplicada”, cuja missão na disseminação destes conhecimentos é de grande relevância, assegurando, assim, a qualidade ambiental das próximas gerações na Baixada Santista.

## **1.2 Atividades no Âmbito do “Programa Continuado em Educação Ambiental Aplicada”**

*1- Visitas ao Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Itutinga-Pilões (Cubatão, SP)*

## 1.2. ATIVIDADES NO ÂMBITO DO “PROGRAMA CONTINUADO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL APLICADA”

---



Figura 1.2: Educadores-alunos do “Programa Continuoado em Educação Ambiental Aplicada” em visita monitorada ao Núcleo Itutinga-Pilões, em Cubatão, SP (maio de 2008).



Figura 1.3: Educadores-alunos do “Programa Continuoado em Educação Ambiental Aplicada” em visita monitorada ao Núcleo Itutinga-Pilões, em Cubatão, SP (maio de 2008).



Figura 1.4: Atividade do “Programa Continuoado em Educação Ambiental Aplicada”: caminhada monitorada em trilha do Núcleo Itutinga-Pilões, em Cubatão, SP (maio de 2008).



Figura 1.5: Educadores-alunos do “Programa Continuoado em Educação Ambiental Aplicada” em visita monitorada ao Núcleo Itutinga-Pilões, em Cubatão, SP (maio de 2008).

1.2. ATIVIDADES NO ÂMBITO DO “PROGRAMA CONTINUADO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL APLICADA”

---



Figura 1.6: Educadores-alunos do “Programa Continuoado em Educação Ambiental Aplicada” em visita monitorada ao Núcleo Itutinga-Pilões, em Cubatão, SP (maio de 2008).

*2- Visitas ao Parque Ambiental Sambaiatuba em São Vicente, SP*



Figura 1.7: Educadores-alunos do “Programa Continuoado em Educação Ambiental Aplicada” em visita monitorada ao Parque Ambiental Sambaiatuba, em São Vicente, SP (maio de 2008)

## 1.2. ATIVIDADES NO ÂMBITO DO “PROGRAMA CONTINUADO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL APLICADA”

---



Figura 1.8: Atividade do “Programa Continuoado em Educação Ambiental Aplicada”: visita monitorada à estufa de mudas do Parque Ambiental Sambaiatuba, em São Vicente, SP (maio de 2008)



Figura 1.9: Educadores-alunos do “Programa Continuoado em Educação Ambiental Aplicada” em visita monitorada ao Parque Ambiental Sambaiatuba, em São Vicente, SP (maio de 2008)



Figura 1.10: Atividade do “Programa Continuada em Educação Ambiental Aplicada”: visita monitorada ao canteiro de mudas do Parque Ambiental Sambaiatuba, em São Vicente, SP (maio de 2008)

*Marcelo Antonio Amaro Pinheiro*<sup>1,2</sup>  
*Tânia Márcia Costa*<sup>1,2</sup>  
*Otto Bismarck Fazzano Gadig*<sup>1,3</sup>  
*Francisco Sekiguchi de Carvalho e Buchmann*<sup>1</sup>

### 2.1 Introdução

Todo ecossistema é caracterizado por um conjunto particular de organismos que nele habitam, interagem e encontram condições adequadas ao seu desenvolvimento. Desta forma, por apresentar características abióticas e bióticas peculiares, a diagnose de um ecossistema pode ser realizada com certa facilidade.

A composição de espécies em um ecossistema resulta da influência de vários parâmetros ambientais, bem como das interações bióticas entre seus componentes, modulando o tamanho e sobreposição de sua área de ocorrência. Assim, algumas espécies são endêmicas a determinados ecossistemas, ou até mesmo raras e sob ameaça de extinção, o que remete à premente necessidade de seu manejo populacional, como também da preservação do ambiente que ocupam.

No presente capítulo a zona costeira foi dividida em cinco ecossistemas distintos: 1) Ambiente Marinho; 2) Costões Rochosos; 3) Estuários e Manguezais; 4) Praias Arenosas; e 5) Restingas. A seguir, cada um deles foi devidamente caracterizado quanto ao seu aspecto ambiental e de biodiversidade.

### 2.2 O Ambiente Marinho

Das linhas filosóficas que tratam da origem da vida na Terra, a que tem sido mais aceita menciona que as primeiras formas orgânicas (coacervados) surgiram nos oceanos, evoluindo para organismos de maior complexidade estrutural que irradiaram para outros ecossistemas. Acredita-se que este seja o motivo da expressiva diversidade apresentada pelo ecossistema marinho, considerada a maior do planeta, possuindo representantes de quase todos os grupos animais.

A importância histórica dos oceanos para o homem é inquestionável por diversas razões: 1) 70% superfície terrestre é recoberta pelos oceanos, correspondendo a uma área de

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Campus Experimental do Litoral Paulista (CLP) Praça Infante D. Henrique, s/n - Parque Bitaru - 11330-900 - São Vicente (SP), Brasil.

<sup>2</sup>Grupo de Pesquisa em Biologia de Crustáceos (CRUSTA).

<sup>3</sup>Grupo de Pesquisa sobre Biologia e Pesca de Tubarões e Raias Costeiros (PROJETO CAÇÃO).

362 milhões de km<sup>2</sup>; 2) seu interesse pelas civilizações antigas, como fonte de alimento; 3) sua importância para a navegação, possibilitando a interação e disseminação cultural dos povos da antiguidade; 4) por serem os maiores produtores de oxigênio do planeta; 5) por seus recursos naturais serem essenciais à sobrevivência e alimentação humana; e 6) pela expressiva biodiversidade que apresentam.

Os estudos mais organizados sobre os oceanos começaram a partir de 1872, quando o navio de pesquisa “Challenger” desbravou milhares de quilômetros marinhos. A partir disso, surgiu a oceanografia moderna, dividida didaticamente em quatro áreas: biológica, física, química e geológica.

Entre os fatores abióticos de maior influência no ambiente marinho, destacam-se as substâncias dissolvidas na água do mar (p. ex., cloreto de sódio e gases), o movimento das massas de água (causados por correntes, ondas e marés), além daqueles de natureza física (temperatura, turbidez e pressão hidrostática da água do mar). No caso dos fatores bióticos estão todas as interações entre os seres vivos marinhos, sejam bactérias, protozoários, vegetais ou animais.

O ecossistema marinho (Figura 2.2) pode ser dividido em zonas, que são definidas principalmente pela ação diferenciada dos fatores abióticos, e sempre citadas em discussões envolvendo comunidades marinhas. Assim, destacam-se seis zonas principais: 1) Zona Costeira, que corresponde à transição entre o domínio continental e o marinho. É uma faixa complexa, dinâmica, mutável e sujeita a vários processos geológicos; 2) Zona Nerítica, corresponde ao relevo da plataforma continental e à lâmina de água situada sobre ela. O relevo é constituído por sedimentos de origem continental e suas águas são mais claras, otimizando a fotossíntese e possibilitando a presença de muitos cardumes, sendo a região mais explorada e de maior importância econômica; 3) Zona Oceânica, que compreende as águas oceânicas além dos 200m de profundidade; 4) **Zona Pelágica**, que corresponde a toda massa d’água das zonas nerítica e oceânica; 5) **Zona Bentônica**, referente ao substrato marinho, seja ele inconsolidado (sedimentos lodosos, arenosos, etc.) ou consolidado (rochoso, coralino, etc.); e 6) **Zona Abissal**, em profundidades acima dos 6.000m.

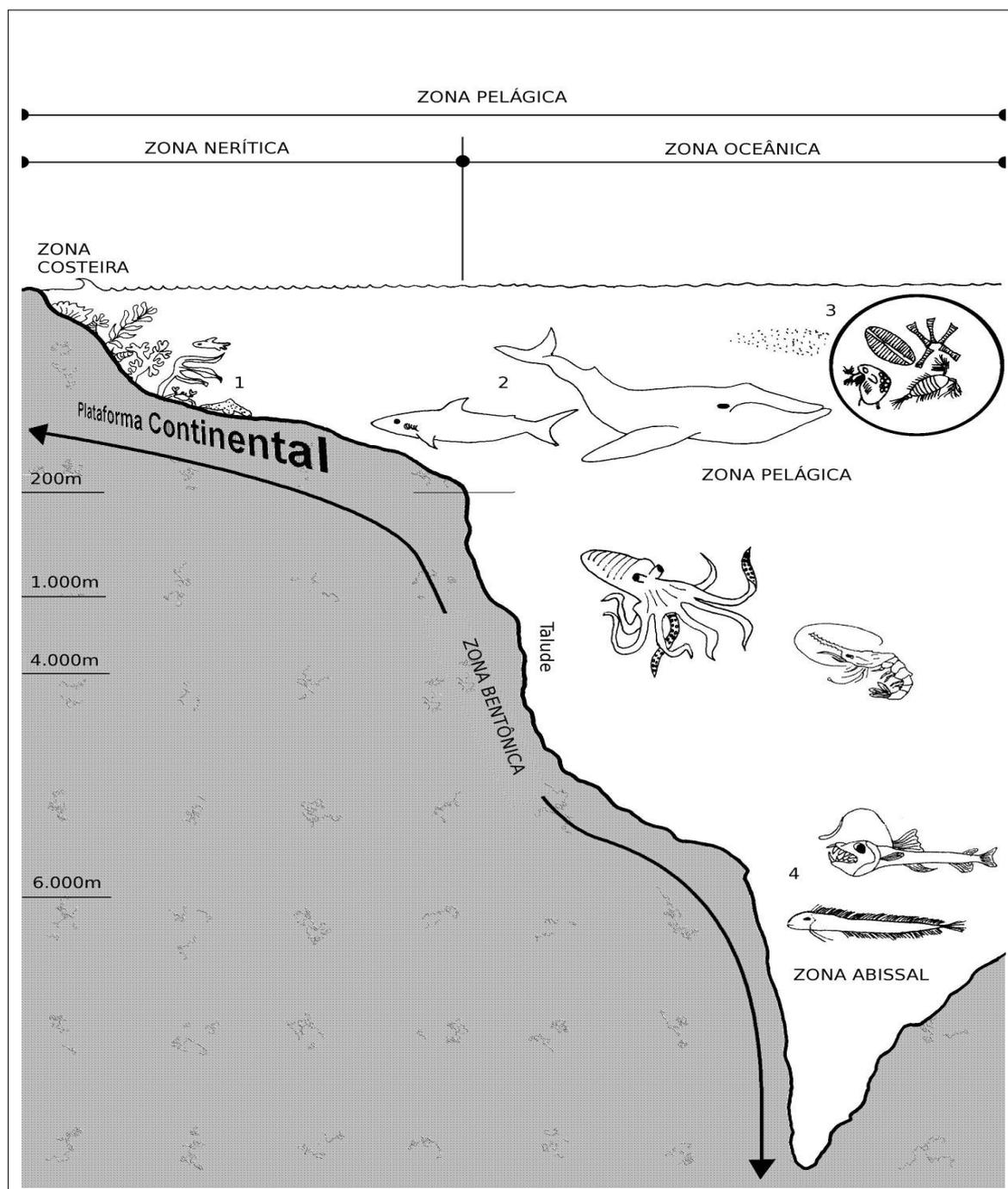


Figura 2.1: Zonação no Ecossistema Marinho e classificação de seus organismos: Zona Costeira (até 200m de profundidade); Zona Oceânica (além dos 200m de profundidade); Zona Pelágica e Nerítica (águas oceânicas e costeiras); Zona Bentônica (fundo marinho); Zona Abissal (além dos 6.000m de profundidade). 1 - Organismos bentônicos (associados ao fundo do mar); 2 - Organismos nectônicos (natação ativa na água); 3 - Organismos planctônicos (flutuam ou nadam fracamente = fito e zooplâncton); 4 - Organismos abissais (em profundidades superiores a 6.000m).

Entre os principais impactos que ameaçam o ecossistema marinho, destacam-se os processos antropogênicos comumente verificados em áreas costeiras, como é o caso das fontes poluentes (principalmente por esgotos vide Capítulo 4), a destruição/desfiguração dos ambientes naturais, e a grande exploração de espécies pela indústria pesqueira, muitas vezes em desacordo com a legislação em vigência.

Quanto a sua distribuição, os organismos marinhos podem ser divididos em três comunidades principais, recebendo as seguintes denominações: 1) Plâncton, que consiste de organismos diminutos (até microscópicos) que flutuam ou nadam fracamente na coluna d'água, podendo ser animais (zooplâncton) ou vegetais (fitoplâncton); 2) Nécton, compreendendo organismos de natação ativa na coluna de água (p. ex., peixes, golfinhos, tartarugas marinhas, etc.); e 3) Bentos, que constitui os organismos associados ao fundo marinho (p. ex., algumas algas, moluscos, crustáceos, equinodermos, etc.).

## **Biodiversidade no Ambiente Marinho**

Nos oceanos estão presentes organismos unicelulares e procariontes (anucleados), representados pelas bactérias e cianobactérias (Reino Monera). Apesar de algumas bactérias causarem doenças (vide Capítulo ??), existem outras que atuam como decompositoras de fezes/organismos mortos, bem como na degradação do petróleo em acidentes de derramamento. As cianobactérias (Divisão Cyanobacteria), embora sejam similares às bactérias, delas diferem por possuírem a clorofila como pigmento fotossintetizante, a exemplo das plantas.

As microalgas figuram do mesmo grupo dos protozoários (Reino Protista), não sendo, portanto, consideradas algas verdadeiras; no entanto, juntamente com as diatomáceas são responsáveis pela produção de quase todo o oxigênio terrestre. Nos oceanos o Reino Plantae é representado pelas macroalgas, que são familiares ao homem por sua presença comum, principalmente nos costões rochosos. Algumas espécies deste grupo têm sido exploradas ou cultivadas comercialmente, sendo geralmente bentônicas e bioindicadoras da qualidade ambiental em determinadas áreas.

Nos oceanos a biodiversidade animal (Reino Animalia) é expressiva em função da ampla variedade de ambientes disponíveis. Algumas espécies se destacam por sua importância pesqueira e econômica (p. ex., moluscos, crustáceos e peixes), embora todas sejam imprescindíveis ecologicamente na grande rede trófica marinha.

As esponjas-do-mar (Filó Porifera) estão entre os animais pluricelulares mais primitivos, compreendendo um agregado celular ainda não organizado em órgãos, mas que executa diversas funções vitais. Estes animais detêm alta capacidade filtradora, sendo conhecidas mais de 5.500 espécies.

Os cnidários (Filó Cnidaria) constituem mais de 10.000 espécies, representadas pelas anêmonas, corais e águas-vivas, sendo a maioria restrita aos oceanos. Mais estruturados morfológicamente do que as esponjas, esses organismos já apresentam uma cavidade digestiva, fibras musculares e uma rede celular nervosa ainda não organizada como um

sistema. Possuem células urticantes (cnidócitos) utilizadas em sua defesa e na captura de alimento, existindo registros de acidentes com banhistas envolvendo águas-vivas, como a caravela portuguesa *Physalia physalis* (LINNAEUS, 1758).

Os moluscos (Filo Mollusca) são animais amplamente conhecidos, desde aqueles mais comuns que portam concha (bivalves e gastrópodes), até outros de maior porte que a têm reduzida (lulas) ou ausente (polvos). As conchas podem apresentar vários formatos, ornamentos e cores, tornando-as muito procuradas por colecionadores (conquiliólogos). Mais de 93.000 espécies deste grupo já foram catalogadas, algumas com importância econômica e até mesmo cultivadas (mariculturas), como é o caso dos mexilhões (mitiliculturas) e ostras (ostreiculturas). Os moluscos podem ter modo de vida diferenciado em função do ambiente que ocupam, podendo ser sésseis (mariscos e ostras), viverem enterrados sob o sedimento (vôngoles) ou serem dotados de natação (lulas).

No mar também existem as minhocas-do-mar (Filo Annelida), que são caracterizadas pelo corpo alongado, cilíndrico e segmentado, de poucas cerdas por segmento (Classe Oligochaeta). Os poliquetos (Classe Polychaeta), por outro lado, apresentam o corpo com leve achatamento dorso-ventral, cabeça diferenciada com tentáculos/palpos e segmentos corpóreos dotados de um par de expansões laterais (parapódios), com grande número de cerdas. Os poliquetos são muito diversificados, podendo ser de vida livre ou fixa ao substrato, neste caso vivendo em tubos e galerias que sintetizam para sua proteção. Os anelídeos constituem cerca de 16.500 espécies, sendo importantes componentes da teia trófica marinha, com hábito alimentar filtrador, detritívoro ou carnívoro, sendo alguns utilizados como bioindicadores da qualidade ambiental.

Os artrópodos (Filo Arthropoda) constituem o maior grupo animal existente na Terra, representados no ambiente marinho principalmente pelos crustáceos (Classe Crustacea). Entre eles figuram desde os microcrustáceos, como a *Artemia* sp., até os macrocrustáceos, como o caranguejo-aranha japonês *Macrocheira kaempferi* (TEMMINCK, 1836), o maior artrópodo vivente. Além de sua importância ecológica, os crustáceos vêm sendo amplamente explorados e comercializados mundialmente, como é o caso das lagostas, lagostins, camarões, siris e caranguejos, considerados uma iguaria em várias regiões.

Os equinodermos (Filo Echinodermata) ocorrem exclusivamente no ambiente marinho, sendo caracterizados pela presença de espinhos recobrimdo a derme, e representados pelas estrelas, ouriços, lírios e pepinos-do-mar. Apresentam ampla distribuição, desde regiões costeiras até profundidades abissais, com mais de 7.000 espécies descritas. O hábito alimentar pode variar de detritívoro a carnívoro, e o deslocamento é extremamente vagaroso.

Entre os animais vertebrados (Filo Chordata), os peixes compreendem os principais representantes, podendo ser cartilaginosos (Classe Condrichthyes) ou ósseos (Classe Osteichthyes). Os peixes cartilaginosos (tubarões, raias e quimeras) totalizam mais de 1.000 espécies, com destaque aos tubarões, que por serem os principais predadores oceânicos causam temor ao homem, apesar de sua importância ecológica. Os peixes ósseos somam mais de 25.000 espécies, muitas delas com importância econômica, o que é sustentado

pela ampla diversidade explorada comercial e industrialmente como alimento pelo homem (p. ex., bacalhau, sardinha, etc.). Entre os répteis (Classe Reptilia) destacam-se as tartarugas marinhas, enquanto as baleias e golfinhos são os mamíferos (Classe Mammalia) mais conhecidos no ambiente marinho. Por este apelo popular, os representantes destes dois últimos grupos animais têm sido alvo de medidas de conservação pelo homem.

## 2.3 Costões Rochosos

São ecossistemas costeiros marinhos formados por rochas posicionadas na transição do meio terrestre e marinho, constituindo substrato consolidado e amplamente colonizado por diversas espécies de invertebrados e vegetais marinhos. No Brasil, tais rochas têm origem plutônica e podem formar desde paredões verticais e uniformes, que se estendem muitos metros acima e abaixo da superfície da água, até aglomerados compostos por rochas fragmentadas, com reduzida declividade.

O costão rochoso pode ser modelado por fatores físicos, químicos e biológicos. Entre os físicos destaca-se a erosão, causada pelo batimento das ondas, pelos ventos e/ou chuvas, embora as variações térmicas também possam promover a expansão/contração de seus minerais, com fragmentação ocorrendo em longo prazo. Dependendo da constituição mineral das rochas formadoras de um costão, podem ocorrer reações químicas com a água do mar (p. ex., rochas ferro-magnesianas), também reguladas por fatores climáticos. O desgaste do costão rochoso ainda pode ocorrer por interação biológica dos organismos marinhos que nele habitam (p. ex., ouriços-do-mar, esponjas e moluscos).

As rochas são um importante substrato para diversas espécies marinhas, seja para sua fixação, como também proteção. Portanto, a distribuição vertical dos organismos em um costão rochoso ocorre em estratos paralelos ao nível do mar (zonação), como resultado de suas adaptações morfo-fisiológicas contra a dessecação, variação térmica e de salinidade; os fatores bióticos também são importantes e expressos nos diversos níveis de interação biológica e de recrutamento/colonização.

É possível diferenciar três zonas de distribuição dos organismos em um costão rochoso:

1. **Supralitoral**, que corresponde à região superior do costão rochoso, que é permanentemente exposta ao ar e sob ação da aspensão da água do mar pela arrebenção das ondas. A grande variação térmica é um dos fatores mais atuantes na porção superior desta zona, freqüentada por organismos mais tolerantes à dessecação, como os líquens, algas cianofíceas, gastrópodos (*Littorina* spp.) e isópodos (*Ligia* sp.), enquanto a inferior é colonizada por crustáceos cirripédios, denominados cracas (*Tetraclita* sp. e *Chthamalus* sp.);
2. **Mesolitoral**, sujeita à ação da amplitude das marés, estando submersa durante a

maré alta e exposta na baixa. Nesta zona é comum a presença de depressões rochosas (poças de maré), onde a água está sujeita a elevação térmica e de salinidade. Na região inferior desta zona inicia-se a ocorrência das algas verdes (p. ex., *Ulva* spp.), e

3. bf Infralitoral, referente à zona permanentemente submersa de um costão rochoso, apresentando seu limite superior delimitado por algas pardas (p. ex., *Sargassum* sp.) e o limite inferior por algas vermelhas (p. ex., *Porphyra acanthophora* E.C. OLIVEIRA & COLL). Nesta zona a distribuição dos organismos é regida principalmente pelas interações bióticas (p. ex., predação, herbivoria e competição), haja vista a maior estabilidade dos fatores ambientais.

### **Biodiversidade nos Costões Rochosos**

Os costões rochosos comportam uma rica e complexa comunidade biológica (Figura 2.3). O substrato duro favorece a fixação de vários organismos, sejam macroalgas ou larvas/adultos de diversas espécies de invertebrados, favorecendo a ocorrência de

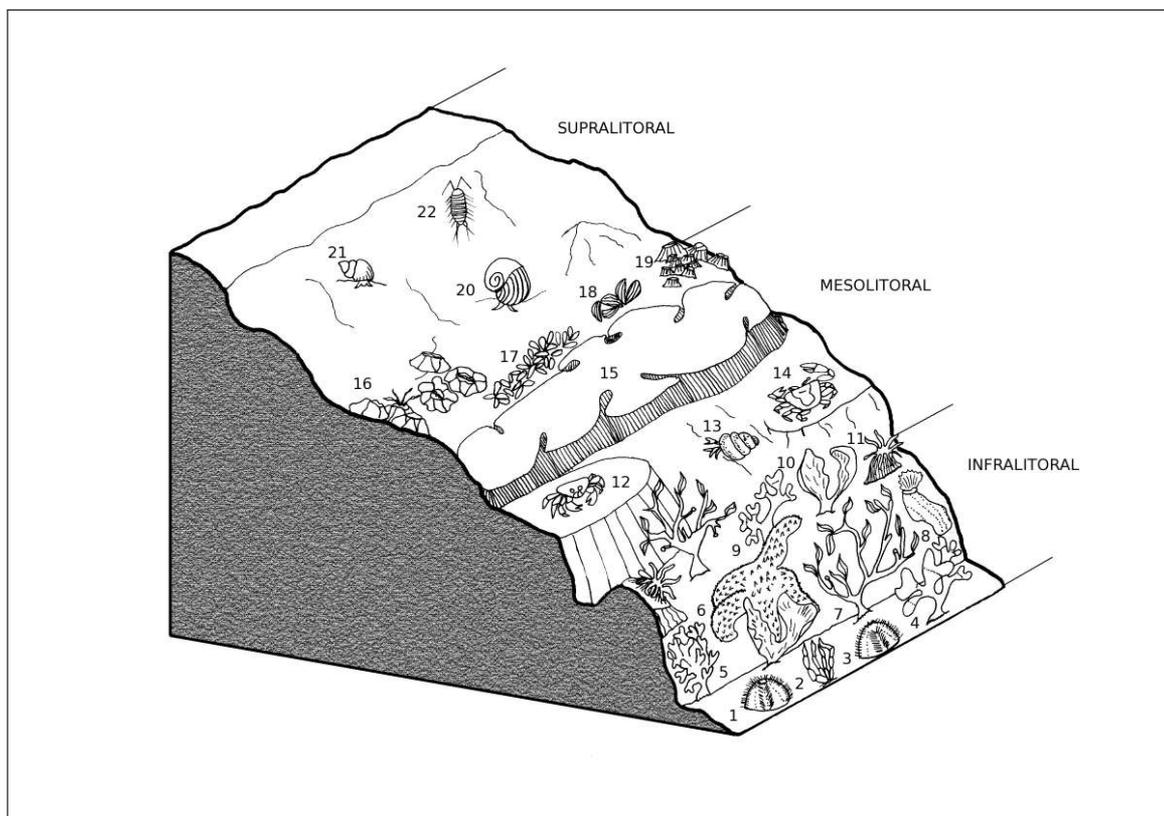


Figura 2.2: Zonação em um Costão Rochoso: 1 - Ouriço verde, *Lytechinus variegatus* (LAMARCK, 1816); 2 - Alga vermelha coralina, *Jania adhaerens* J.V. LAMOUREUX; 3 - Ouriço preto, *Echinometra lucunter* (LINNAEUS, 1758); 4 - Alga vermelha, *Porphyra acanthophora* E.C. OLIVEIRA & COLL; 5 - Alga vermelha, *Galaxaura marginata* (ELLIS & SOLANDER, 1786); 6 - Estrela vermelha, *Echinaster brasiliensis* MULLER & TROSCHER, 1840; 7 - Alga parda, *Sargassum* sp.; 8 - Pepino-do-mar, *Holothuria grisea* SELENKA, 1867; 9 - Alga parda, *Dictyopteris delicatula* J.V. LAMOUREUX; 10 - Alga parda, *Padina gymnospora* (KÜTZING) SONDER; 11 - Anêmona vermelha, *Bunodosoma caissarum* CORRÊA, 1964; 12 - Caranguejo grapsídeo, *Pachygrapsus transversus* (GIBBES, 1850); 13 - Ermitão diogenídeo, *Calcinus tibicen* (HERBST, 1791); 14 - Caranguejo xantídeo, *Eriphia gonagra* (FABRICIUS, 1781); 15 - Aglomerado arenoso produzido por poliquetos sabelarídeos, *Phragmatopoma lapidosa* KINBERG, 1867; 16 - Craca, *Tetraclita stalactifera* (LAMARCK, 1818); 17 - Alga verde, gênero *Ulva* (LINNAEUS); 18 - Mexilhão, gênero *Mytilus* LINNAEUS, 1758; 19 - Craca, *Chthamalus stellatus* (POLI, 1795); 20 - Caramujo, *Tegula viridula* (GMELIN, 1791); 21 - Gastrópodo, gênero *Littorina* FÉRUSSAC, 1822; 22 - Barata-da-praia, gênero *Ligia* FÉRUSSAC, 1822.

faixas densas de espécies fixas (sésseis). A diversidade dos organismos em um costão rochoso está relacionada às adaptações que possuem para superar as condições ambientais adversas, particularmente aquelas que potencializam sua resistência à dessecação, uma característica crucial para a colonização das zonas supra e mesolitoral.

As macroalgas, por exemplo, mostram uma estratificação vertical (zonação), geralmente bem nítida em costões rochosos a partir do mesolitoral inferior, e em todo o infralitoral. Suas espécies são classificadas de acordo com o pigmento que predomina em suas células, compondo três divisões: 1) **Chlorophyta**, naquelas com pigmento verde (clorofila); 2) **Phaeophyta**, com pigmento pardo/marrom (fucoxantina); e 3) **Rhodophyta**, com pigmento vermelho (ficoeritrina). A distribuição das macroalgas em estratos ocorre em função da penetração dos raios solares na coluna d'água, potencializando a capacidade fotossintética segundo o pigmento preponderante. Assim, o estrato de algas verdes [p. ex., *Ulva* spp., *Caulerpa racemosa* (Forsskål) e *Cladophora* sp.] geralmente ocorre em posição superior ao das algas pardas (p. ex., *Sargassum* sp., *Padina* sp. e *Dictyopteris* sp.), seguidas pelas algas vermelhas [p. ex., *Galaxaura marginata* (Ellis & Solander), *Porphira* sp. e *Laurencia* sp.], as quais ocupam o estrato mais inferior e profundo do infralitoral rochoso.

A **Zona Supralitoral** compreende o limite inferior de distribuição da vegetação terrestre, onde ocorrem os líquens e plantas vasculares (p. ex., bromeliáceas e cactáceas), bem como o limite superior das cracas do gênero *Chthamalus* e/ou de gastrópodos do gênero *Littorina*. A **Zona Mesolitoral** tem seu limite superior marcado pela presença de cracas do gênero *Chthamalus*, e o inferior pelas algas pardas, como o *Sargassum* sp. Ali também podem ocorrer aglomerados arenosos construídos por poliquetos sabelarídeos (*Phragmatopoma* sp.), além de outras espécies de cracas (gêneros *Tetraclita* e *Balanus*) e bivalves (gêneros *Brachidontes* e *Mytilus*). Os animais errantes podem migrar durante a maré baixa para o limite inferior desta zona, entre os quais se destacam: o ermitão *Calcinus tibicen* (HERBST, 1791) e os caranguejos *Eriphia gonagra* (FABRICIUS, 1781), *Menippe nodifrons* STIMPSON, 1859 e *Pachygrapsus transversus* (GIBBES, 1850). A partir da Zona Infralitoral são encontradas as anêmonas-vermelhas (*Bunodosoma caissarum* CORRÊA, 1964; as estrelas-vermelhas *Echinaster brasiliensis* MÜLLER & TROSCHER, 1840; e os ouriços-verdes, *Lytechinus variegatus* (LAMARCK, 1816). Os ouriços-pretos *Echinometra lucunter* (LINNAEUS, 1758), também são encontrados com frequência em locas (buracos) que escavam nas rochas. Na porção inferior do infralitoral, na interface rocha-sedimento, ocorrem os pepinos-do-mar *Holothuria grisea* SELENKA, 1867.

## 2.4 Estuários e Manguezais

Denomina-se estuário a área de transição entre o ambiente de água doce e o marinho, onde ocorre mistura de massas d'água de densidades diferentes, gerando um ambiente marcado por grande variação dos parâmetros físico-químicos. Os estuários são domina-

dos por sedimento inconsolidado de menor granulação (principalmente areia muito fina, silte e argila), que é transportado pela ação das marés/rios e pode formar bancos lodosos, geralmente associados à vegetação. A reduzida riqueza vegetal e animal que ali se estabelece constituem o ecossistema de manguezal, cuja zonação/estrutura estão condicionadas à pluviosidade, granulometria do sedimento, temperatura e fluxo de água

doce (rio) e salgada (mar). A palavra “mangue” é utilizada apenas para caracterizar as espécies de árvores e arbustos que ocorrem nos manguezais.

O fenômeno das marés apresenta grande influência sobre a composição e distribuição dos organismos de manguezal, enquanto seu aspecto cíclico é um dos agentes reguladores da dispersão das sementes vegetais e larvas de muitos invertebrados aquáticos. O estudo deste ecótono possibilita compreender melhor as adaptações morfo-fisiológicas conquistadas por alguns organismos na ocupação deste ambiente instável, o que é corroborado pela reduzida biodiversidade que apresenta.

### **Biodiversidade nos Estuários e Manguezais**

A vegetação dos manguezais apresenta grande importância na contenção das margens dos estuários, evitando o assoreamento pelas marés e reduzindo o fluxo dos rios durante a estação chuvosa. Os manguezais brasileiros, como os do novo mundo, são caracterizados pela presença de no máximo cinco espécies de angiospermas. Entre as espécies vegetais consideradas facultativas no ambiente de manguezal destacam-se, *Hibiscus tiliaceus* LINNAEUS e a samambaia-do-mangue *Acrostichum aureum* LINNAEUS, que ocupam a transição entre o manguezal e a restinga. Três gêneros de angiospermas são característicos dos manguezais brasileiros: *Rhizophora*, *Avicennia* e *Laguncularia*. Os bosques do gênero *Rhizophora*, conhecidos como mangues-vermelhos, podem ser constituídos pelo predomínio de uma de suas espécies: 1) *R. racemosa* G. MEYER, presente na maior parte dos manguezais brasileiros; e 2) *R. mangle* LINNAEUS, característica do limite sul da distribuição dos manguezais brasileiros, a partir do Estado de São Paulo. Os bosques de *Avicennia*, conhecidos como mangues-pretos (ou siriúba) são compostos por: 1) *A. tomentosa* JACQUIN e *A. nitida* JACQUIN, sinônimos de *A. germinans* (LINNAEUS); ou 2) *A. schaueriana* STAPF & LEECHMAN, que é a espécie comum dos manguezais paulistas. Finalmente, os bosques de *Laguncularia* são conhecidos como mangues-brancos, sendo representados por uma única espécie em toda a costa brasileira: *L. racemosa* C.F. GAERTNER. Além destas formações arbóreas, os bancos lodosos associados às margens estuarinas de menor competência hídrica são colonizados pela gramínea *Spartina brasiliensis* RADDI. Nas espécies arbóreas é possível constatar diferentes adaptações, como as raízes escora e as sementes lanceoladas flutuantes (propágulos) de *R. mangle* (Figura 2.4); as raízes aéreas (pneumatóforos) e glândulas de sal na face inferior das folhas de *A. schaueriana*; e o sistema radicular amplo e superficial (raízes nutritivas) de *L. racemosa*.

A fauna invertebrada de manguezais é composta basicamente por moluscos, crustáceos e peixes. Entre os moluscos destacam-se o caracol *Littorina* sp., cuja migração

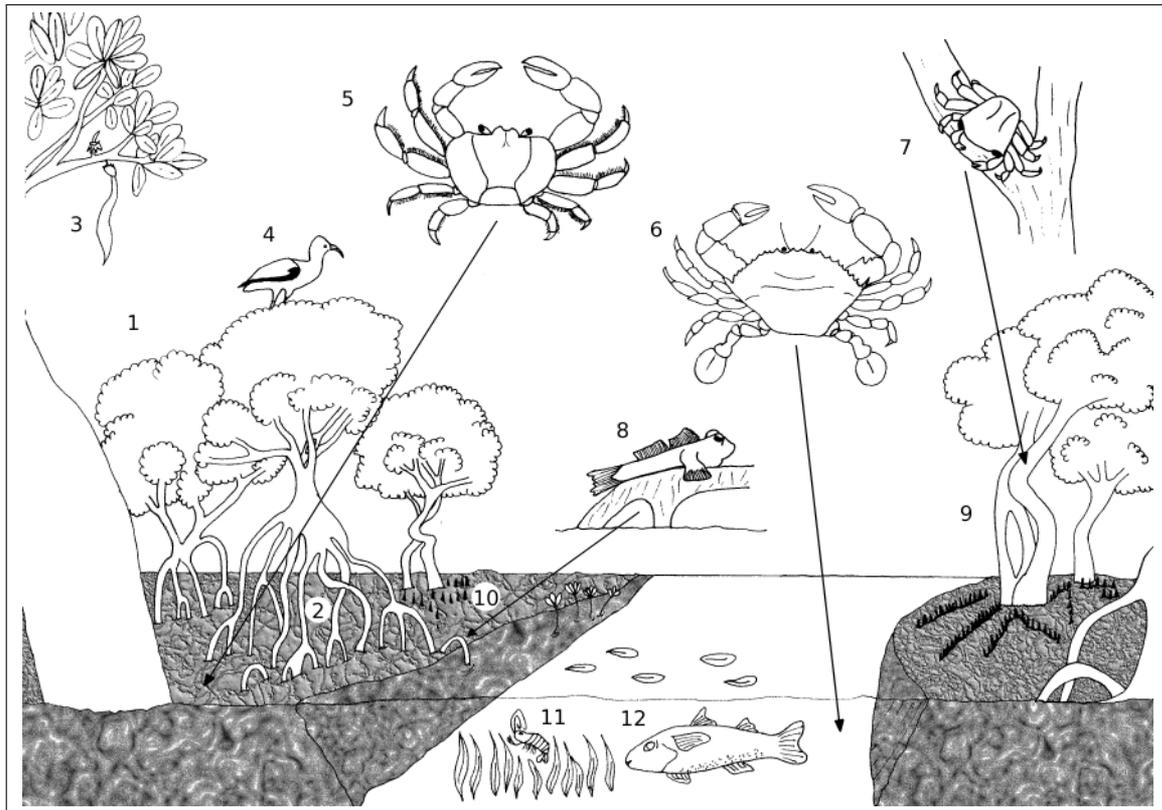


Figura 2.3: Principais organismos nos Estuários e Manguezais: 1 - Mangue-vermelho, *Rizophora mangle* LINNAEUS; 2 - Raízes escoras de *R. mangle* LINNAEUS; 3 - Propágulo (semente lanceolada) de *R. mangle* LINNAEUS; 4 - Socó-caranguejeiro, *Nyctanassa violacea* LINNAEUS, 1758; 5 - Caranguejo-Uçá, *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763); 6 - Siri, gênero *Callinectes* STIMPSON, 1860; 7 - Caranguejo arborícola, *Aratus pisonii* (H. MILNE EDWARDS, 1837); 8 - Amboré, *Bathygobius soporator* (VALENCIENNES, 1837); 9 - Mangue preto, *Avicennia schaueriana* STAPFT & LEECHMAN; 10 - Raízes aéreas de *A. schaueriana* STAPFT & LEECHMAN; 11 - Camarão de água doce, gênero *Macrobrachium* BATE, 1868; 12 - Tainha, gênero *Mugil* LINNAEUS, 1758.

vertical acompanha as marés; a ostra *Crassostrea rhizophorae* (GUILDING, 1828), e os sururus *Mytella falcata* ORBIGNY, 1842 e *M. guyanensis* (LAMARCK, 1819), que têm hábito filtrador e vivem fixados sobre as raízes do mangue. Outros moluscos bivalves vivem enterrados no sedimento, como a unha-de-velho *Tagelus plebeius* (LIGHTFOOT, 1786) e os berbigões *Lucina pectinata* (GMELIN, 1791) e *Anomalocardia brasiliiana* (GMELIN, 1791), esta última comum em manguezais arenosos, sendo comercializada como vôngoles.

Os crustáceos mais comuns são os pertencentes à Ordem Decapoda, existindo uma maior diversidade de braquiúros (caranguejos e siris), e relativamente menor de camarões carídeos (lagostins ou pitús). Dentre os braquiúros semiterrestres e exclusivos de manguezal, destacam-se pelo grande porte o gecarcinídeo *Cardisoma guanhumi* LATREILLE, 1825 (guaiamú), o ocipodídeo *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763) (uçá), que juntamente com os siris do gênero *Callinectes* (*C. danae* SMITH, 1869 e *C. sapidus* RATHBUN, 1896), representam importante potencial pesqueiro e alimentar ao homem. Nos manguezais areno-lodosos em barranco é muito comum encontrar galerias escavadas pelos grapsídeos *Sesarma rectum* RANDALL, 1840 e *Armases angustipes* (DANA, 1852), bem como numerosas galerias construídas pelos caranguejos-violinistas (ou chama-marés) do gênero *Uca*; entre as raízes e orifícios existentes no tronco das árvores ocorre o grapsídeo *Goniopsis cruentata* (LATREILLE, 1803), popularmente conhecido como maria-mulata, enquanto o caranguejo *Armases rubripes* (RATHBUN, 1897) pode ser encontrado associado às bromélias (epífitas do manguezal); a presença do caranguejo arborícola *Aratus pisonii* (H. MILNE EDWARDS, 1837) também é freqüente na copa e ramos das árvores, possuindo hábito herbívoro. Entre os camarões de água doce do gênero *Macrobrachium* (pitús) que freqüentam águas estuarinas, figuram *M. carcinus* (LINNAEUS, 1758), *M. acanthurus* (WIEGMANN, 1836) e *M. olfersii* (WIEGMANN, 1836), que dependem de suas águas salobras para seu desenvolvimento embrionário e larval.

Diversas espécies de peixes também dependem do manguezal para sua reprodução, proteção e alimento. Entre eles se destacam a tainha (*Mugil* spp.), o robalo (*Centropomus* spp.), a corvina [*Micropogonias furnieri* (DESMAREST, 1823)], o espada (*Trichiurus lepturus* LINNAEUS, 1758, entre outros de importância pesqueira devido ao grande porte que atingem. O amboré, *Bathygobius soporator* (VALENCIENNES, 1837), é um peixe gobiídeo marinho que também ocorre em áreas estuarinas, sendo observado durante as marés baixas sobre as raízes escoras de *R. mangle* ou no interior das galerias do caranguejo-uçá (*U. cordatus*), sendo por isso denominado maria-da-toca. O mesmo comportamento é relatado para o peixe eleotrídeo *Guavina guavina* (VALENCIENNES, 1837).

Nos manguezais os répteis são representados por algumas espécies de serpentes não peçonhentas (Ordem Squamata), denominadas cobras-d'água, *Liophis miliaris* (LINNAEUS, 1758) e *Helicops carinicaudus* (WIED & NEUWIED, 1825), ambas inofensivas ao homem. O jacaré-de-papo-amarelo, *Caiman latirostris* (DAUDIN, 1802), também pode ser encontrado em áreas estuarinas, onde se alimenta de caranguejos e peixes.

Entre as aves mais comuns e abundantes em manguezais destacam-se algumas garças [p. ex., garça-branca-grande, *Ardea alba* LINNAEUS, 1758; garça-branca-pequena, *Egretta*

*thula* (MOLINA, 1782); e o maguari, *Ardea cocoi* LINNAEUS, 1766], os socós [p. e.x, socó-caranguejeiro, *Nyctanassa violacea* LINNAEUS, 1758; e socó-dorminhoco, *Nycticorax nycticorax* (LINNAEUS, 1758)], o guará-vermelho (*Eudocimus ruber* LINNAEUS, 1758) e o colhereiro (Ajaja ajaja LINNAEUS, 1758). Enquanto as garças se alimentam de peixes, os socós têm sua predação voltada aos caranguejos de manguezal, particularmente do uçá (*U. cordatus*) e espécies do gênero *Uca*. O guará-vermelho *Eudocimus ruber* (LINNAEUS, 1758) também preda caranguejos, conseguindo incorporar seu pigmento vermelho (astaxantina) em suas penas, o mesmo ocorrendo com os colhereiros, embora sua dieta seja constituída por microcrustáceos de águas mais rasas.

Os mamíferos são freqüentemente encontrados em manguezais, sendo muitas vezes de difícil registro visual, embora seus rastros deixados no sedimento sejam visíveis durante a maré baixa. Entre eles merecem destaque o guaxinim (ou mão-pelada), *Procyon cancrivorus* (CUVIER, 1798), e o cachorro-do-mato, *Cerdocyon thous* (LINNAEUS, 1766), que se alimentam de caranguejos. O boto-cinza, *Sotalia guianensis* (VAN BÉNÉDEN, 1864), já ocorre em canais estuarinos e se alimenta principalmente de peixes.

A reduzida diversidade nos manguezais é resultante de seu sedimento lodoso, instável e deficitário em oxigênio, combinado à variação rítmica da salinidade que é regida pelas marés. Apesar disso, os manguezais são considerados ambientes extremamente produtivos pela exportação de detritos orgânicos aos ecossistemas costeiros adjacentes. Estes biodetritos são principalmente oriundos da degradação da serrapilheira pela atividade forrageira do caranguejo *U. cordatus* (LINNAEUS, 1763), sendo disponibilizados aos decompositores (bactérias e fungos) e transformados em nutrientes. Na maioria dos manguezais a ciclagem de nutrientes não promove apenas sua manutenção, como também de vários recursos pesqueiros que deles dependem. Assim, fica evidente que os estuários e manguezais são verdadeiros berçários da vida marinha e de água doce, assegurando alimento e refúgio aos estágios larvais e juvenis de diversos animais, além de fornecer importante conexão entre o ambiente marinho, terrestre e dulcícola.

## 2.5 Praias Arenosas

As praias arenosas são sistemas altamente dinâmicos e sensíveis, sendo constantemente ajustados pelas flutuações energéticas locais, processos eólicos, biológicos e oceanográficos. Constituem depósitos de sedimento arenoso inconsolidado que são influenciados pelas ondas e limitados internamente pelo nível máximo das ondas de tempestade (ressaca) - onde se iniciam as dunas fixas - e externamente pela zona de arrebentação (em direção a terra) - ponto até onde os processos praias dominam.

A morfologia das praias depende da interação de vários fatores, tais como: 1) fisiografia da planície costeira e da plataforma continental adjacente à praia; 2) tipo e suprimento dos sedimentos; e 3) regime de marés, ondas e ventos. Todos esses fatores reunidos influenciam o transporte dos sedimentos e o processo de sedimentação das praias, que podem

ser classificadas como deposicionais ou erosivas. As **praias deposicionais** podem ser de dois tipos: 1) *Tômbolo*, que é uma barra arenosa desenvolvida pela deposição de correntes litorâneas entre a costa e uma ilha, podendo ser submersa em maré alta; e 2) *Pontal Arenoso*, que ocorre em costas arenosas de baixa declividade, controladas por ação das ondas. Em épocas de baixa descarga fluvial o sedimento das desembocaduras é transportado e origina um pontal arenoso paralelo a praia, que pode desenvolver em seu lado interno uma laguna, lagoa ou zona pantanosa/ manguezal. As **praias erosionais** são formadas por remoção do sedimento pelas ondas, correntes de marés, correntes de deriva litorânea ou mesmo pelo vento. A elevação do nível do mar pode interferir no equilíbrio dessas praias, o que ocorre pela perda do sedimento por erosão e é acelerado em praias com déficit de areia.

Dependendo da variabilidade do clima, das ondas, da maré, do vento e da característica dos sedimentos, uma praia pode variar amplamente de configuração em relação ao seu estado mais freqüente. Assim, de acordo com o seu estado morfodinâmico as praias podem ser classificadas como: 1) Dissipativas; 2) Intermediárias; e 3) Reflectivas.

As **praias dissipativas** são aquelas constituídas por areia fina, onde a profundidade aumenta suavemente à medida que vai se distanciando da zona de varrido, ou seja, apresenta reduzida declividade. A zona de arrebenção das ondas normalmente é larga e o relevo de fundo apresenta de três a sete bancos arenosos entremeados por cavas, nas quais as correntes laterais são formadas. As ondas geralmente são do tipo deslizante (ou derramante), podendo ocorrer também as mergulhantes (ou em caixote). Embora possuam aparência tranqüila, estas praias são consideradas perigosas pela dificuldade que oferecem ao banhista em retornar à praia durante a maré alta (p. ex., praias dos Municípios de Santos e Praia Grande, SP).

As **praias intermediárias** possuem inclinação média, com a arrebenção das ondas ocorrendo bem próximo à praia. O relevo de fundo é caracterizado por bancos de areia irregulares que são cortados por canais que geram correntes de retorno, uma característica deste tipo de praia. Os bancos arenosos são mais visíveis durante a maré baixa, assim como as ondas, que costumam ser do tipo mergulhante (ou em caixote) ou deslizante (ou derramante). Nestas praias a granulação arenosa costuma ser média ou mista (p. ex., Praia da Enseada, Município de Guarujá, SP).

As **praias reflectivas** possuem relevo de fundo com grande inclinação, evidenciando aumento abrupto da profundidade logo após a zona de varrido, onde, a menos de um metro, uma pessoa adulta pode ser facilmente encoberta. A ausência de bancos arenosos nestas praias é indicativa de águas mais profundas próxima à costa, tornando-se um problema para os que não sabem nadar e para as crianças. Nesta praia a arrebenção é quase ausente, podendo eventualmente aumentar o tamanho das ondas, que se quebram sempre na zona de varrido. A areia é composta de grânulos mais grossos, as correntes de retorno são fracas e as ondas que predominam são do tipo mergulhante (em caixote) (p. ex., Praia do Tombo, Município de Guarujá, SP).

## Biodiversidade em Praias Arenosas

Os organismos típicos de uma praia arenosa (Figura 2.5) mostram íntima adaptação às intensas alterações dos fatores ambientais, apresentando distribuição influenciada segundo sua tolerância à exposição ao ar e perda de água por evaporação. Assim, numa **faixa superior** são encontradas espécies melhor adaptadas à vida terrestre. Na fauna marinha estas adaptações estão presentes no caranguejo maria-farinha, *Ocypode quadrata* (FABRICIUS, 1787), e na pulga-da-praia, *Pseudorchestoidea brasiliensis* (DANA, 1853), um anfípodo talitrídeo. O mesmo aconteceu também com a tesourinha, inseto dermáptero

do gênero *Doru*, e alguns aracnídeos, que possuem maior tolerância à água salgada. A **faixa mediana** é menos exposta e povoada por um maior número de espécies (principalmente crustáceos, poliquetos e moluscos), cujas particularidades morfológicas ou comportamentais impedem a perda excessiva de água durante a maré baixa. A **faixa inferior** é habitada por formas não adaptadas à vida terrestre, com algumas chegando a morrer em marés excepcionalmente baixas de longa duração, principalmente durante os dias de calor intenso (p. ex., o antozoário colonial *Renilla* sp.). Além dos organismos residentes, que permanecem durante toda a sua fase adulta no sedimento, as praias arenosas também recebem visitantes ocasionais, como é o caso da gaivota *Larus dominicanus* LICHTENSTEIN, 1823 e do maçarico *Calidris alba* (PALLAS, 1764), que exploram com freqüência a areia em busca de alimento.

Muitos filos animais invertebrados compõem a meiofauna marinha, apresentando organização e complexidade estrutural que lhes permite viver nos interstícios entre os grânulos arenosos. Entre as adaptações morfológicas destes organismos destacam-se: corpo delgado e vermiforme; parede corporal revestida por uma cutícula com espinhos ou escamas; presença de órgãos adesivos; locomoção por deslizamento, batimento ciliar, movimento ondulatório ou um misto deles; e diferentes formas de alimentação (predação e herbivoria). As espécies da meiofauna apresentam, ainda, um ciclo biológico rápido e um maior número de gerações anuais, constituindo dois grupos: 1) **Meiofauna temporária**, composta por estágios larvais ou jovens da macrofauna; e 2) **Meiofauna permanente**, caracterizada por animais adultos.

No caso da macrofauna de praias arenosas, as adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais estão relacionadas à dinâmica do ambiente costeiro, que é regida por vários fatores, como a morfologia da praia e o regime imposto pelos ventos, ondas, correntes e marés. Entre as principais espécies que compõe a macrofauna permanente de praias arenosas estão: o cnidário colonial *Renilla reniformis* (PALLAS, 1766) (rim-do-mar); os poliquetos *Americonuphis casamiquelorum* ORENSANZ, 1974 e *Diopatra cuprea* (BOSC, 1802); os moluscos bivalves *Tellina* sp. (unha-de-moça), *Tivella mactroides* (BORN, 1978) e *Donax hanleyanus* PHILIPPI, 1847 (sarnambi); os moluscos gastrópodos *Olivancillaria brasiliensis* (CHEMNITZ, 1788), *O. urceus* (RODING, 1798) e *Hastula cinerea* (BORN, 1778); os crustáceos anomuros *Emerita brasiliensis* SCHMITT, 1935 e *Lepidopa richmondi* BENE-DICT, 1903 (tatuzinhos-da-praia ou tatuíras); o crustáceo estomatópodo *Coronis scolopen-*

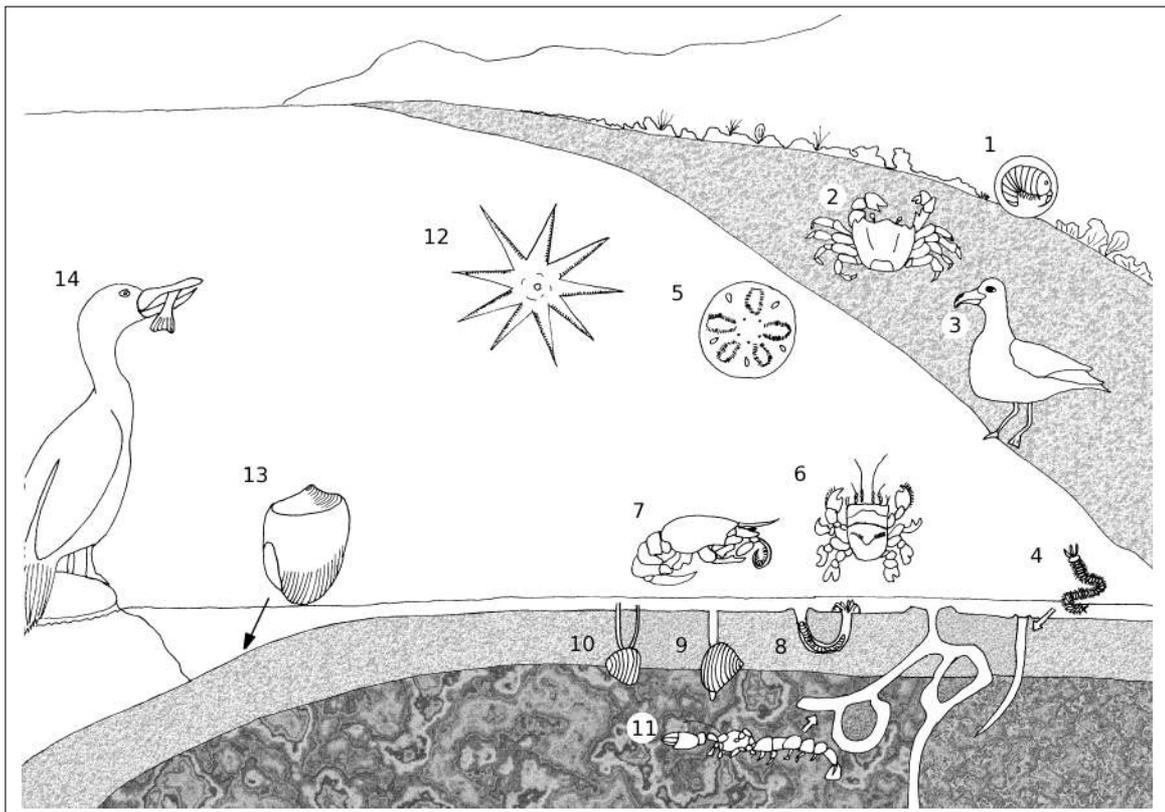


Figura 2.4: Principais organismos em Praias Arenosas: 1 - Anfípodo talitrídeo, *Pseudorchestoida brasiliensis* (DANA, 1853); 2 - Caranguejo marinha-farinha, *Ocypode quadrata* (FABRICIUS, 1787); 3 - Maçarico, *Calidris alba* (PALLAS, 1764); 4 - Poliqueto, *Diopatra cuprea* (BOSC, 1802); 5 - Bolacha-da-praia, *Encope emarginata* (LEZKE, 1778); 6 - Tatuíra, *Lepidopa richmondi* BENEDICT, 1903; 7 - Tatuíra, *Emerita brasiliensis* SCHMITT, 1935; 8 - Poliqueto, *Americonuphis casamiquelorum* ORENSANZ, 1974; 9 - Unha-de-moça, gênero *Tellina* LINNAEUS, 1758; 10 - Sarnambi (bivalve), *Donax hanleyanus* PHILIPPI, 1847; 11 - Corrupto, *Callichirus major* (SAY, 1818); 12 - Estrela de nove braços, *Luidia senegalensis* (LAMARCK, 1816); 13 - Gastrópodo, *Olivancillaria brasiliensis* (CHEMNITZ, 1788); 14 - Gaiivotão, *Larus dominicanus* LICHTENSTEIN, 1823.

*dra* LATREILLE, 1828 (tamarutaca); os crustáceos braquiúros *O. quadrata* (FABRICIUS, 1787) (maria-farinha), *Arenaeus cribrarius* (LAMARCK, 1818) (siri-chita) e *Callinectes* spp. (siris-azuis); os crustáceos talassinídeos *Callichirus major* (SAY, 1818) e *C. mirim* (RODRIGUES, 1971) (corruptos); os equinodermos *Luidia senegalensis* (LAMARCK, 1816) (estrela-de-nove-braços) e *Encope emarginata* (LEZKE, 1778) (bolacha-da-praia); e o entropneusto *Balanoglossus clavigerus* (DELLE CHIAJE, 1829).

## Restingas

As restingas são baixios arenosos litorâneos com suave declividade em direção ao mar e sujeitas à influência de fatores ambientais, como as marés, ventos, chuvas e ondas. Sua extensão pode variar em função dos habitats adjacentes, estando associadas à desembocadura de grandes rios, muitas vezes intercaladas por falésias e costões rochosos; estendem-se como faixas de dunas às margens da Mata Atlântica.

No Brasil, as restingas são encontradas ao longo do litoral, desde o leste do Pará até o Rio Grande do Sul. Estas planícies costeiras formam verdadeiros cordões litorâneos, sendo feições marcantes do litoral brasileiro, especialmente na região sudeste-sul, onde atualmente são encontradas as praias, dunas frontais, cordões litorâneos e zonas intercordões.

Por estar localizada em um ambiente de transição (faixa de areia adjacente às praias arenosas e mata atlântica), a fauna e flora das restingas apresenta espécies dos ambientes adjacentes, seja como visitantes, migrantes ou residentes. Desta forma, a diversidade nas restingas é baixa quando comparada aos outros biomas. Além disso, o substrato é formado por areia de origem marinha e conchas, sendo periodicamente inundado pela maré, o que limita o desenvolvimento de certas plantas e a ocorrência de alguns grupos animais. O solo das dunas é arenoso e seco, podendo sofrer ação dos ventos que o remodelam constantemente, além de receber a aspersão de água salgada proveniente do quebramento das ondas, raramente tornando-o úmido.

### Biodiversidade nas Restingas

A vegetação de restinga sofre influência marinha ou flúvio-marinha, mostrando maior dependência edáfica (sedimento) do que climática. Da região do entremarés em direção às dunas é comum o registro de algas/fungos microscópicos, e em seguida de plantas com estolões/rizomas que chegam a formar touceiras ou arbustos. Quaresmeiras, orquídeas, cactos, pitangas, bromélias são plantas comuns da restinga (Figura 2.5). Na maioria das plantas de restinga as raízes são extensas e superficiais, aumentando a superfície de absorção e potencializando sua fixação ao substrato móvel. Caminhando-se

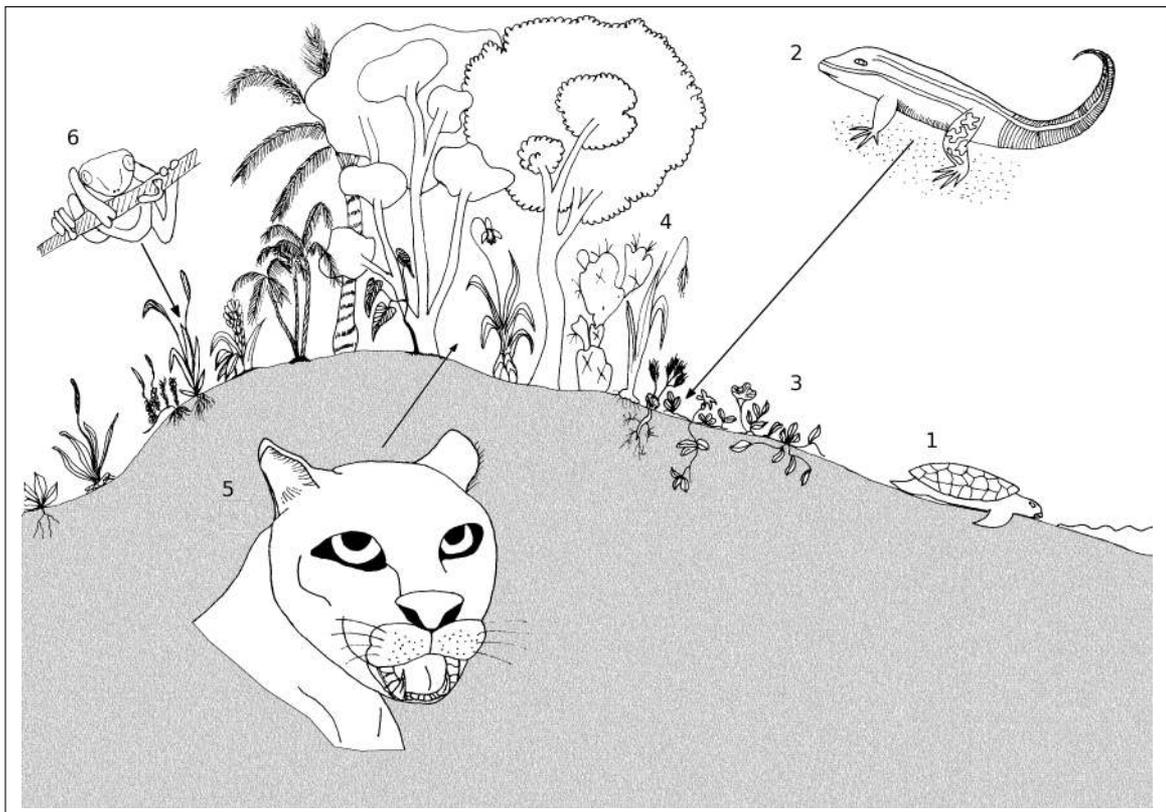


Figura 2.5: Principais organismos de uma Restinga: 1 - Tartaruga-cabeçuda, *Caretta caretta* (LINNAEUS, 1758); 2 - Lagarto verde, *Cnemidophorus ocellifer* (SPIX, 1825); 3 - Quaresmeira, *Tibouchina versicolor* (LINDLEY) COGN.; 4 - Cactos palmatória-braba, *Opuntia monacantha* (WILLD.) 5 - Onça parda ou suçuarana, *Puma concolor* (LINNAEUS, 1771); 6 - Perereca-de-capacete, *Aparasphenodon bokermanni* POMBAL, 1993.

do mar ao continente, percebe-se uma redução de sais no solo, com aumento das formações vegetais mais exuberantes e complexas.

A fauna permanente das restingas é composta principalmente por invertebrados, como alguns moluscos e vermes cavadores. Entre os répteis ocorrem o lagarto-verde *Cnemidophorus ocellifer* (SPYX, 1825) e o jacaré-de-papo-amarelo *Caiman latirostris* (DAUDIN, 1802), este último em lagoas circundadas por restingas, onde também podem ser encontrada a perereca-de-capacete, *Aparasphenodon bokermanni* POMBAL, 1993. No caso da tartaruga-cabeçuda *Caretta caretta* (LINNAEUS, 1758) e tartaruga-verde *Chelonia mydas* (LINNAEUS, 1758), a região do entre-marés é usada como sítio de reprodução (desova), o que ocorre somente no nordeste brasileiro.

A região do entre-marés também é importante para algumas aves migratórias oriundas do norte ou sul do globo, que a utilizam para descanso e alimentação (p. ex., pingüins, gaiivotões e maçaricos). As dunas também fazem parte da rota migratória de algumas aves de rapina, como o falcão-peregrino (*Falco peregrinus* TUNSTALL, 1771), a águia-pescadora (*Pandion haliaetus* LINNAEUS, 1758), o maçarico (*Gallinago gallinago* LINNAEUS, 1758), entre outras. Em restingas já alteradas pelo homem surgem aves oportunistas, como: a coruja-buraqueira, *Speotyto cunicularia* (MOLINA, 1782); o anu-branco, *Guiraguira* GMELLIN, 1788; e gavião-carrapateiro, *Milvago chimachima* (VIEILLOT, 1816). Nas partes mais internas das restingas, onde a vegetação florestal é mais exuberante, podem ser encontradas: a rolinha-da-restinga, *Columbina minuta* (LINNAEUS, 1766); o bacurau-tesoura, *Hydropsalis torquata* (GMELIN, 1789); a coruja-do-mato, *Ciccaba virgata* (CASSIN, 1848); o sabiá-da-praia, *Mimus gilvus* (VIEILLOT, 1807); o tiê-sangue, *Ramphocelus bresilius* (LINNAEUS, 1766), entre outros.

Das espécies de mamíferos freqüentadores da restinga merecem destaque a onça-parda (ou suçuarana), *Puma concolor* (LINNAEUS, 1771); o veado-catingueiro, *Mazama gouazoupira* (FISCHER, 1814); o porco-do-mato (ou queixada), *Tayassu pecari* (LINK, 1795); bem como roedores: a capivara, *Hydrochaeris hydrochaeris* (LINNAEUS, 1766); a paca *Agouti paca* (LINNAEUS, 1766); e a cotia, *Dasyprocta azarae* LICHTENSTEIN, 1823. Os mamíferos predadores são mais restritos, como o cachorro-do-mato, *Cerdocyon thous* (LINNAEUS, 1766); o quati, *Nasua nasua* (LINNAEUS, 1766); o guaxinim, *Procyon cancrivorus* (CUVIER, 1798); o gambá, *Didelphis marsupialis* LINNAEUS, 1758; e o gato-do-mato, *Felis tigrina* (SCHEBER, 1775). É importante ressaltar que muitos dos mamíferos aqui citados não ocorrem mais nas reduzidas áreas de restinga ainda existentes na Baixada Santista.

## 2.6 Ilustrações de Ambientes Costeiros na Baixada Santista



Figura 2.6: Vista do talude lodoso e vegetação marginal (franja) de um manguezal próximo à Barra de Icapara, Município de Iguape (SP). A espécie arbórea é o mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*). Painel à esquerda. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro

Figura 2.7: Vista do talude lodoso de um manguezal colonizado pela gramínea *Spartina alterniflora*, próximo à Barra de Icapara, Município de Iguape (SP). A espécie de ave é uma garça branca grande (*Casmerodius alba*). Painel à direita. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro



Figura 2.8: Close das raízes escora do mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*), cobertas por crustáceos cirripédios (cracas), moluscos bivalves (ostras-do-manguezal) e macroalgas do *Bostrychietum*. Pannel à esquerda. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro

Figura 2.9: Close do tronco e raízes do mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*), cobertas por macroalgas do *Bostrychietum*. Pannel à direita. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro



Figura 2.10: Close de um exemplar macho do caranguejo-violinista ou chama-maré, pertencente ao gênero *Uca*. Painel à esquerda. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro

Figura 2.11: Bosque de manguezal com predomínio do mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*). Painel à direita. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro



Figura 2.12: Bosque de manguezal em área de baixio com predomínio do mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*), exibindo sedimento lamoso e pequeno córrego. A maior inundação desta área caracteriza a presença desta espécie arbórea. Pannel à esquerda.Foto: Marcelo A. A. Pinheiro

Figura 2.13: Ninho (nidificação) do socó-caranguejeiro (*Nyctanassa violacea*), espécie de ave muito comum em áreas de manguezal. Pannel à direita.Foto: Marcelo A. A. Pinheiro



Figura 2.14: Bosque de manguezal em área de baixio (elevada inundação), com predomínio do manguê-vermelho (*Rhizophora mangle*). Pannel à esquerda. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro

Figura 2.15: Folhas do manguê-preto (*Avicennia schaueriana*). A coloração do pecíolo foliar desta espécie é verde. Pannel à direita. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro



Figura 2.16: Folhas do mangue-branco (*Laguncularia racemosa*). A coloração do pecíolo foliar desta espécie é vermelha, além de possuir na base superior do pecíolo estruturas denominadas nectários. Painel à esquerda. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro

Figura 2.17: Floração do mangue-branco (*Laguncularia racemosa*). Painel à direita. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro



Figura 2.18: Propágulos do mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*). Painel à esquerda.Foto: Marcelo A. A. Pinheiro

Figura 2.19: Bosque de manguezal em barranco (manguezal alto) com predomínio do mangue-branco (*Laguncularia racemosa*), caracterizado por sedimento mais arenoso. Painel à direita.Foto: Tânia M. Costa



Figura 2.20: Raízes aéreas (pneumatóforos) do mangue-preto (*Avicennia schaueriana*), uma adaptação desta planta para a retirada do oxigênio atmosférico, em função do reduzido teor deste gás no sedimento dos manguezais. Painel à esquerda. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro

Figura 2.21: Close de crustáceos cirripédios (cracas) na parte basal do tronco de uma árvore de manguezal. Painel à direita. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro



Figura 2.22: Dois machos de caranguejo-violinista (ou chama-maré), da espécie *Uca uruguayensis*, em confronto. Painel à esquerda. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro

Figura 2.23: Siri macho da espécie *Callinectes danae* capturado em sirizeira por pescadores tradicionais da Barra de Icapara, Município de Iguape (SP). Painel à direita. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro



Figura 2.24: Produto de pesca de siris (*Callinectes danae*) pelos pescadores tradicionais da Barra de Icapara, Município de Iguape (SP). Painel à esquerda. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro

Figura 2.25: Macho do caranguejo maria-mulata (*Goniopsis cruentata*), escondido parcialmente em uma galeria de outra espécie de caranguejo de manguezal. Painel à direita. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro



Figura 2.26: Macho do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*), com carapaça de coloração azul clara, evidenciando que sofreu muda recente. Painel à esquerda. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro

Figura 2.27: Exemplo de gastrópodo de manguezal sobre o tronco de uma espécie arbórea deste ambiente. Painel à direita. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro



Figura 2.28: Banco da gramínea *Spartina alterniflora* em talude lodoso marginal de um manguezal do Município de Iguape (SP). Pannel à esquerda. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro

Figura 2.29: Margem de manguezal do Rio Itanhaém, em Itanhaém (SP), com exemplares do mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*). Pannel à direita. Foto: Fernanda T. Stori



Figura 2.30: Epífitas (orquídeas e bromélias) sobre o tronco das árvores de manguezal. Pannel à esquerda. Foto: Fernanda T. Stori

Figura 2.31: Região da foz estuarina do Rio Itanhaém, em Itanhaém (SP), mostrando o encontro das águas esverdeadas do mar (esquerda) e enegrecidas do rio (direita), durante a maré alta. Pannel à direita. Foto: Fernanda T. Stori



Figura 2.32: Costão rochoso da Praia de Pitangueiras, em Guarujá (SP).Painel à esquerda. Foto: Atos2-Multimídia

Figura 2.33: Vista parcial de um costão rochoso evidenciando as escavações nas rochas (*locas*) causadas pelo ouriço-preto, *Echinometra locunter*. Painel à direita.Foto: Marcelo A. A. Pinheiro



Figura 2.34: Vista parcial de um costão rochoso evidenciando os aglomerados arenosos construídos pelos poliquetos sabelarídeos da espécie *Phragmatopoma lapidosa*. Painel à esquerda. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro

Figura 2.35: Antozoários coloniais do sublitoral de costões rochosos. Painel à direita. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro



Figura 2.36: Espongiários do sublitoral de costões rochosos. Painel à esquerda. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro

Figura 2.37: Camarão pistola do gênero *Synalpheus*, muito comum sob pedras soltas em costões rochosos. Painel à direita. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro



Figura 2.38: Garças brancas anãs da espécie *Egretta garzetta* sobre rochas em um costão rochoso. Painele à esquerda. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro

Figura 2.39: Garça branca da espécie *Casmerodius alba*, muito comum em áreas estuarinas. Painele à direita. Foto: Atos2-Multimídia



Figura 2.40: Praia do Perequê, em Guarujá (SP), ponto de ancoramento de diversos barcos da frota artesanal camaroeira. Painel à esquerda.Foto: Atos2-Multimídia

Figura 2.41: Praia dos Pescadores em Itanhaém (SP), de onde os pescadores artesanais partem para a pesca e retornam para a venda de seu produto. Painel à direita.Foto: Fernanda Terra Stori



Figura 2.42: Vista Praia do Tombo, em Guarujá (SP).Painel à esquerda. Foto: Atos2-Multimídia

Figura 2.43: Siri chita (*Arenaeus cribrarius*), uma das espécies mais comuns em praias arenosas, particularmente em águas marinhas rasas. Painel à direita.Foto: Marcelo A. A. Pinheiro



Figura 2.44: Vista geral do Costão das Tartarugas, em Guarujá (SP), um dos cenários mais apreciados da Baixada Santista. Painel à esquerda.Foto: Atos2-Multimídia

Figura 2.45: Albatroz (*Diomedea exulans*) durante amostragem com redes de arrasto em navio de pesquisa (NPq. Soloncy Moura). Painel à direita.Foto: Marcelo A. A. Pinheiro



Figura 2.46: Atobá (*Sula leucogaster*) durante amostragem com redes de arrasto em navio de pesquisa (NPq. Soloncy Moura). Pannel à esquerda.Foto: Marcelo A. A. Pinheiro

Figura 2.47: Raias-Viola (*Rhinobatus horkelli*) coletadas com barco de pesca de camarão munido de redes de arrasto. Pannel à direita.Foto: Otto B. F. Gadig



Figura 2.48: Produto de pesca obtido com barco de pesca de camarão munido de redes de arrasto. Painel à esquerda. Foto: Otto B. F. Gadig

Figura 2.49: Triagem de material oriundo de arrasto com barco de pesca de camarão. Painel à direita. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro



Figura 2.50: Vista geral da popa de navio de Pesquisa (N/Pq. Soloncy Moura), tirada da gávea durante cruzeiro oceanográfico. Painel à esquerda. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro

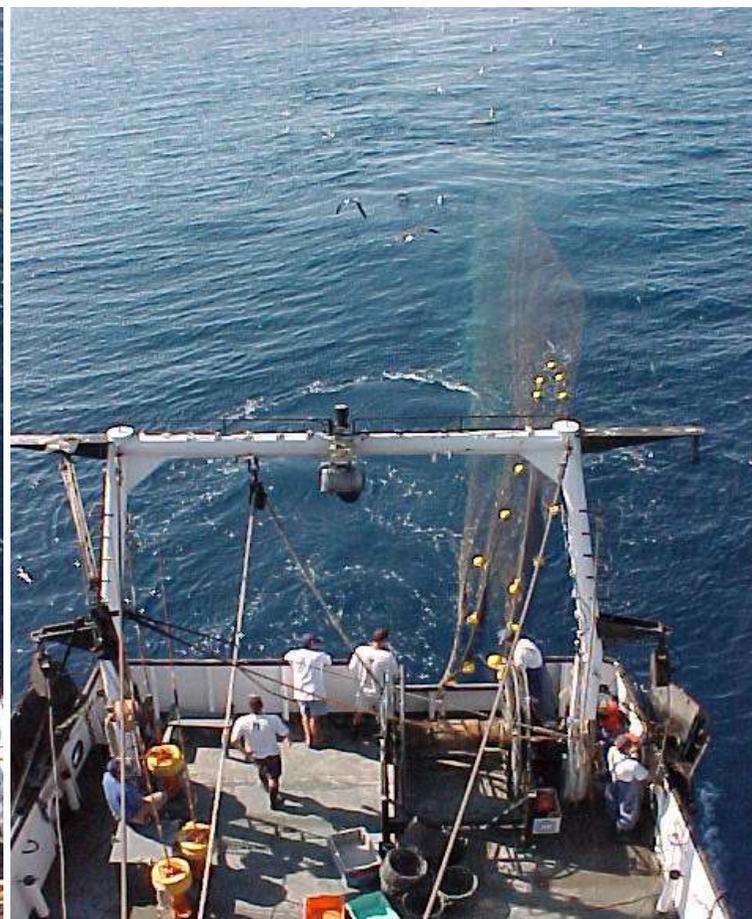


Figura 2.51: Recolhimento da rede de arrasto pelos guinchos do navio de Pesquisa (NPq. Soloncy Moura), durante cruzeiro oceanográfico. Painel à direita. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro

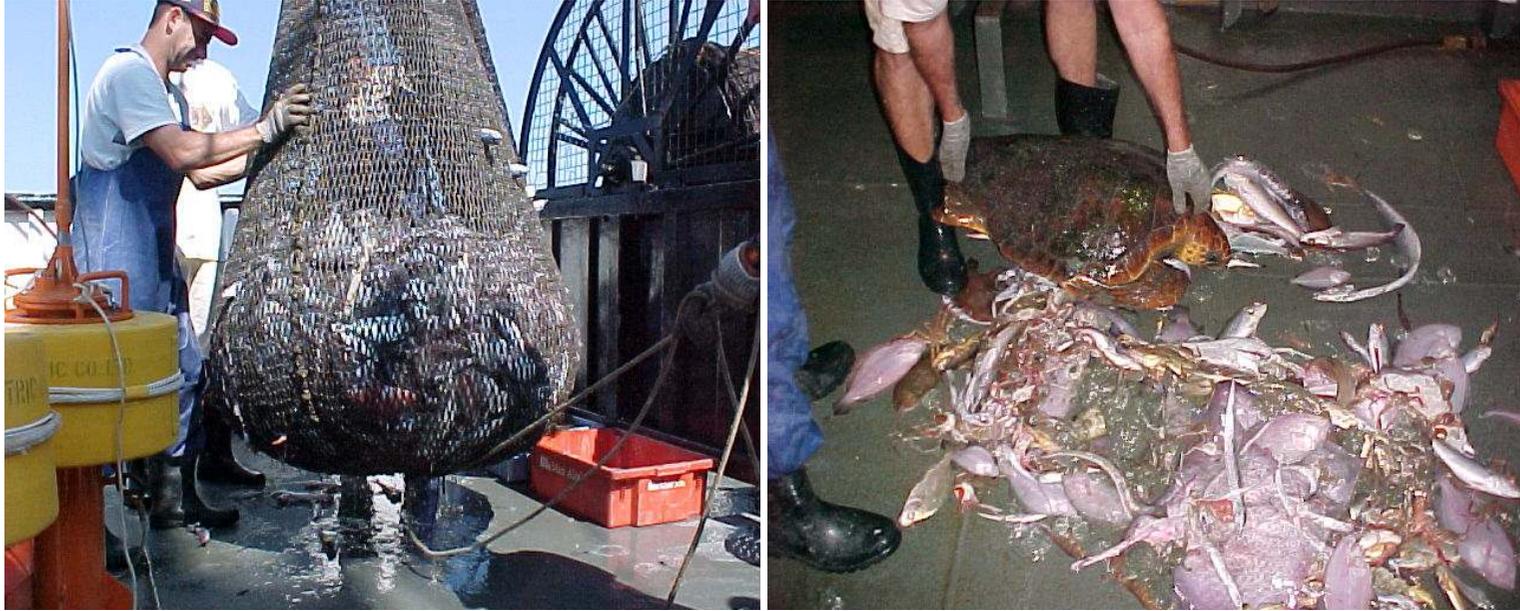


Figura 2.52: Produto de pesca obtido em arrasto de fundo com navio de Pesquisa (NPq. Soloncy Moura), durante cruzeiro oceanográfico. Painel à esquerda. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro

Figura 2.53: Lulas, crustáceos e peixes (ósseos e cartilaginosos) oriundos de arrasto de fundo com navio de Pesquisa (NPq. Soloncy Moura), durante cruzeiro oceanográfico. Painel à direita. Foto: Marcelo A. A. Pinheiro



Figura 2.54: Exemplo de tartaruga cabeçuda (*Caretta caretta*) capturado com rede de arrasto por navio de Pesquisa (NPq. Soloncy Moura), durante cruzeiro oceanográfico. Painel à esquerda.Foto: Marcelo A. A. Pinheiro

Figura 2.55: Espécime do Caranguejo-aranha de profundidade (*Stenocionops spinosissima*). Painel à esquerda.Foto: Marcelo A. A. Pinheiro



Figura 2.56: Armadilhas iscadas (covos) e bóias de sinalização por satélite para a captura de caranguejos de profundidade pelo navio de Pesquisa (NPq. Soloncy Moura), durante cruzeiro oceanográfico. Painel à esquerda.Foto: Marcelo A. A. Pinheiro

Figura 2.57: Armadilhas iscadas (covos) com exemplares de caranguejos de profundidade (*Chaceon ramosae*) no navio de Pesquisa (NPq. Soloncy Moura), durante cruzeiro oceanográfico. Painel à direita.Foto: Marcelo A. A. Pinheiro



Figura 2.58: Exemplos do caranguejo de profundidade (*Chaceon ramosae*), capturado com armadilhas iscadas (covos) de 500 a 1.000m pelo navio de Pesquisa (NPq. Soloncy Moura), durante cruzeiro oceanográfico. Painel à esquerda.Foto: Marcelo A. A. Pinheiro

Figura 2.59: Exemplo do isópodo de profundidade (*Bathynomus giganteus*), comumente capturado com armadilhas iscadas (covos) de 500 a 1.000m, pelo navio de Pesquisa (NPq. Soloncy Moura), durante cruzeiro oceanográfico. Painel à direita.Foto: Internet

## 2.7 Agradecimentos

Ao Sr. Fábio Emanuel Lopes de Matos, na ocasião aluno de graduação da Universidade de Aveiro (Portugal), que durante sua permanência na UNESP/CLP colaborou com a confecção das figuras que compõe o presente capítulo.

À Profa. Dra. Selma Dizmidas Rodrigues, docente da disciplina de Sistemática Vegetal na UNESP/CLP, pelas sugestões e correções na nomenclatura vegetal.

## Bibliografia Utilizada e Leitura Complementar

FISCARELLI, A. G. ; PINHEIRO, M. A. A. Perfil sócio-econômico e conhecimento etnobiológico do catador de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nos manguezais de Iguape (24° 41'S), SP, Brasil. *Atualidades Biológicas*, v. 24, n. 77, p. 129-142, 2002.

LACERDA, L. D. Manguezais: florestas de beira-mar. *Ciência Hoje*, v. 13, n. 3, p. 63-70, 1984.

OLIVEIRA-FILHO, E. C. ; MAYAL, E. M. Seasonal distribution of intertidal organisms at Ubatuba, São Paulo (Brasil). *Revista Brasileira de Biologia*, v. 36, n. 2, p. 305-316, 1976.

OLMOS, F. ; SILVA, R. S. *Guará: ambiente, flora e fauna dos manguezais de Santos-Cubatão*. São Paulo: Empresa das Artes, 2003. 216 p.

PEREIRA, R. C. ; SOARES-GOMES, A. (Org.). *Biologia marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, 2002. 382 p.

PINHEIRO, M. A. A. Mangues ainda são vistos pela população como esgoto. *Revista UNESP Rural*, v. 7, p. 34, 1997.

POR, F. D. The ecosystem of the mangal: general considerations. In: POR, F.D.; DOR, I. (Ed.). *Hidrobiologia of the mangal: the ecosystem of the mangrove forests*. Boston: W. Junk Publishers, 1984. p. 1-14.

RODRIGUES, S. A.; SHIMIZU, R. M. *As praias arenosas*. São Paulo: Instituto de Biociências / USP/ Associação de Defesa do Meio Ambiente (ADEMA), 1995 . (Série Ecossistemas Brasileiros). 1 Poster. Também disponível em: <http://www.usp.br/cbm/artigos/praias.html>

SCHAEFFER, Y. ; CINTRON-MOLERO, G. Manguezais brasileiros: uma síntese sobre aspectos históricos (séculos XVI a XIX), zonação, estrutura e impactos ambientais. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA BRASILEIRA, 3. , 1993, Serra Negra. *Anais ...* São Paulo:

Publicação ACIESP, n. 87-1, 1994. p. 333-341.

SCHIMIEGELOW, J. M. M. *O planeta azul: uma introdução às ciências marinhas*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 202 p.

SILVA, L. F. F. ; LACERDA, L. D. ; OVALLE, A. R. C. ; CARVALHO, C. E. V. ; REZENDE, C. E. ; SILVA, C. A. R. Dinâmica de macrodetritos em um ecossistema de manguezal, Baía de Sepetiba, RJ. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA BRASILEIRA, 3., 1993, Serra Negra. *Anais ...* São Paulo: Publicação ACIESP, n. 87-1, 1994. p. 204-211.

SOUZA, C. R. G. ; SUGUIO, K. ; OLIVEIRA, A. M. S. ; OLIVEIRA, P. E. *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, 2005. 378 p.

WRIGHT, L. D. ; SHORT, A. D. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*, v. 56, n. 1- 4, p. 93-118, 1984.

Roberto Fioravanti Carelli Fontes<sup>1,2</sup>  
Áurea Maria Ciotti<sup>1,2</sup>  
Francisco Sekiguchi de Carvalho e Buchmann<sup>1</sup>

### 3.1 Introdução

A Oceanografia é uma ciência multidisciplinar que envolve as áreas da Biologia, Física, Química e Geologia. A Oceanografia Física estuda os movimentos do oceano, e as influências que esses movimentos exercem, tanto em sua composição química como na vida marinha que nele habita. Tanto para alunos em nível básico como em nível superior, uma forma bastante didática de “apresentar” os oceanos é tentar primeiro dividi-los em duas categorias principais: oceanos profundos e oceanos costeiros. Isso se deve aos principais mecanismos que geram e mantêm a movimentação das águas nesses dois compartimentos. Os **oceanos profundos**, também chamados de oceanos abertos, têm movimentos mais lentos e mais expressivos na direção horizontal. Os **oceanos costeiros** (baías, enseadas, mares rasos) sofrem influências do fundo e da linha de costa, que por ação do atrito faz com que os movimentos na vertical sejam igualmente importantes aos horizontais. A divisão entre o que é profundo ou raso (costeiro) se dá pela profundidade do local de estudo (ou altura da coluna de água) escolhendo, geralmente, a profundidade de 200 metros como barreira. A dinâmica dos mares rasos é ainda influenciada pelos efeitos das descargas de água doce proveniente dos rios, e pela ação das marés. Esta, através de seus movimentos oscilantes, promove a mistura das águas e afeta todo o ecossistema marinho costeiro e estuarino.

### 3.2 Origem dos Oceanos e da Atmosfera

A atmosfera e o oceano apareceram no planeta há 4,5 bilhões de anos, resultado de transformações importantes. A atmosfera primitiva não possuía o gás oxigênio (O<sub>2</sub>) em sua composição, sendo basicamente formada por metano, amônia, gás carbônico e vapor de água. A superfície do planeta recebia forte radiação ultravioleta. As concentrações de O na atmosfera aumentaram a partir do desenvolvimento de algas unicelulares nos oceanos primitivos, capazes de fazer fotossíntese. Esses organismos são conhecidos como

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Campus Experimental do Litoral Paulista (CLP) Praça Infante D. Henrique, s/n - Parque Bitaru - 11330-900 - São Vicente (SP), Brasil.

<sup>2</sup>Grupo de Pesquisa em Dinâmica Pelagial Pesqueira.

cianobactérias. A partir do acúmulo de O livre nos oceanos, naturalmente esse gás foi sendo liberado para a atmosfera da Terra. Após cerca de três bilhões de anos produzindo O<sub>2</sub>, as cianobactérias criaram um verdadeiro “oásis de oxigênio” nos locais onde havia concentração dessas algas. O desenvolvimento de animais surgiu nesses oásis, durante a transição Pré-cambriano / Cambriano, e o aumento da extensão dessas áreas permitiu a expansão da vida animal por todo o planeta. Os organismos pluricelulares começaram a dominar a vegetação durante o período Cambriano, através de um processo lento que foi completado há cerca de 570 milhões de anos. Isso representa mais do que 90% do período de existência da Terra.

Com relação à conformação geomorfológica do litoral, a linha de costa brasileira foi esculpida por fenômenos geológicos extremos, em sua maioria, violentos e catastróficos: terremotos intensos, erupções vulcânicas, inundações, geleiras monumentais e extensos desertos. As rochas também nos contam uma movimentada e fascinante história evolutiva da vida. Os peixes evoluem em anfíbios e estes em répteis. Antes da formação atual dos continentes eles formavam um bloco: o antigo continente Gondwana, que abrangia parte da América do Sul, África, Índia, Austrália e Antártica. No período Jurássico, há aproximadamente 150 milhões de anos atrás, iniciavam os processos que deram origem à porção sul do Oceano Atlântico, formado entre a América do Sul e a África. Os processos de formação dos oceanos e de sua expansão separando os diferentes continentes são conhecidos como Tectônicas de Placas. Na região central dos grandes oceanos existem cadeias de montanhas submersas que produzem lava continuamente. Ao esfriar e endurecer, a lava forma placas, e seu crescimento faz com que os continentes se afastem com o tempo, criando entre eles as chamadas bacias oceânicas ou, mais propriamente, os oceanos Atlântico, Pacífico e Índico. Esses oceanos apresentam características distintas, fazendo com que as correntes também circulem de maneiras distintas, bem como suas interações com a atmosfera. Essas características são as bases da formação do clima na Terra, conferindo diferenças locais importantes em cada região do planeta. O oceano Pacífico é o maior oceano, ocupando principalmente a região equatorial. O fato dos continentes ocuparem grande parte do Hemisfério Norte confere certa dificuldade na circulação das correntes naquele hemisfério. Já no Hemisfério Sul existe o Oceano Antártico, que se conecta aos outros através de um sistema de correntes que circunda o Continente Antártico.

O oceano Índico tem pouca área no hemisfério norte, e isso faz com que a Ásia possua um clima bem peculiar. As últimas centenas de milhares de anos caracterizam-se por profundas mudanças no clima e, conseqüentemente, na vegetação e fauna. Durante esse período de tempo foram registradas grandes glaciações, com o acúmulo de gelo nas calotas polares, fazendo com que o nível do mar diminuísse e que a plataforma continental fosse exposta. Na medida em que essas geleiras derretiam um novo oceano se desenvolvia, formando em suas margens grande acúmulo de sedimentos erodidos do continente. Formaram-se sistemas deposicionais transicionais e marinhos. Surgiram as areias finas, limpas e claras, que formam as nossas praias batidas pelas ondas do mar. Essas mesmas

areias finas foram transportadas pelos ventos, e se acumularam nos campos de dunas ao longo do Litoral Norte do Brasil. Há cerca de seis mil anos ocorreu a última transgressão do nível do mar, com a inundação continental e formação dos estuários, formando-se também as planícies costeiras, os manguezais e os depósitos de areia nas praias.

## 3.3 O Sistema Oceano-atmosfera

Cada vez mais, o entendimento do funcionamento dos oceanos depende da compreensão, em paralelo, de como a atmosfera funciona. Precisamos descrever como as águas dos oceanos se misturam e como as mesmas interagem com os depósitos de sedimentos, organismos e componentes químicos. Para tanto, precisamos compreender os processos físicos que ocorrem nos oceanos: correntes, ondas e marés. O maior desafio ao professor é fazer com que os alunos criem uma imagem mental dos movimentos numa escala espacial tão grande quanto à bacia oceânica. Por isso, começamos com a descrição dos oceanos e da atmosfera como duas camadas que envolvem completamente o planeta Terra.

Comparado com as dimensões da Terra, essas camadas são bastante delgadas. A atmosfera ocupa uma camada de 100 a 200km e os oceanos profundos, em média, têm 4 km de profundidade. Uma analogia ilustrativa é dizer que se a Terra fosse do tamanho de uma bola de basquete, os oceanos seriam equivalentes a umidade em torno da mesma, ou seja, uma fina película. Em um primeiro estágio então, os alunos mentalmente visualizam duas pequenas camadas ao redor do planeta, oceanos e atmosfera, e o mais importante é deixar bem claro que os dois formam um sistema interligado onde tudo o que acontece em um, afeta profundamente o outro.

A dinâmica (ou seja, como acontecem os movimentos) dos oceanos é bastante semelhante à da atmosfera. Ambos estão em constante movimento. Os movimentos ordenados, como as correntes oceânicas têm natureza laminar, enquanto os movimentos caóticos, como os vórtices e meandros, chamamos de turbulentos. As leis físicas e as equações para explicar os movimentos são praticamente as mesmas nos dois sistemas: oceano e atmosfera, sendo a densidade a principal grandeza que os diferencia.

Turbulência é algo bastante complicado, e para alunos em nível médio e fundamental, é apenas importante mencioná-la sem entrar em maiores detalhes. É importante dizer que a turbulência faz com que as trocas de calor, de substâncias e de energia, ocorrem de maneira mais acentuada entre os oceanos e a atmosfera. Como comparação, podemos usar um copo de leite quente. Se deixarmos que o copo fique em cima de uma mesa por um tempo bem grande, o leite acabará esfriando porque vai trocar calor com o ar através da superfície. Mas se estivermos com pressa, usamos uma colher e agitamos o copo de maneira “turbulenta”. O leite vai esfriar, ou seja, trocar calor com o ar bem mais rapidamente do que se estivesse em repouso.

A atmosfera nos fornece aliados importantes que auxiliam a demonstrar aos alunos os movimentos das massas de ar, como por exemplo, a observação dos diferentes tipos

de nuvens e o acompanhamento dos ventos e chuvas nas entradas de frentes frias. Duas características diferenciam os oceanos da atmosfera:

- a) os oceanos são bem mais densos que o ar, isso é, para um mesmo volume de ar e de água, o da água será bem mais pesado;
- b) os oceanos são aquecidos de cima para baixo, pelo Sol, mas a atmosfera é aquecida de baixo para cima, pela superfície da Terra (continentes ou dos oceanos).

Ambas terão uma série de implicações na maneira pela qual os oceanos e a atmosfera se movem. A primeira nos indica que os movimentos da atmosfera vão ser bem mais rápidos que os do oceano, pois é mais fácil deslocar massas mais leves do que pesadas massas de água. As conseqüências da segunda serão explicadas logo abaixo.

### **3.4 Entradas de Calor no Planeta**

O Sol é a fonte primária de energia para o sistema oceano-atmosfera, existindo um balanço quase perfeito entre a quantidade de radiação solar que chega ao topo da atmosfera e a energia que volta para o espaço. Essa energia retorna na forma de radiação infravermelha (a qual chamamos de calor). Todos os corpos no espaço emitem energia na banda do infravermelho e a Terra não é exceção. O caminho que a energia do Sol percorre dentro do sistema oceano-atmosfera é, todavia, complexo. As nuvens podem refletir parte da radiação solar, e alguns gases presentes na atmosfera retêm um pouco da energia porque tem capacidade de absorver alguns comprimentos de onda de luz (cores). No entanto, o aquecimento mais importante do Sol acontece diretamente na superfície do planeta, onde os oceanos cobrem mais de 70%. Essa superfície se aquece, já que as moléculas de água absorvem a radiação solar de maneira bem eficiente, e se tornam uma espécie de “banho-maria” para a atmosfera. Além desse aquecimento direto (chamado calor sensível), os oceanos ainda transferem calor para atmosfera através da formação de nuvens. O calor necessário para evaporar a água e formar as nuvens (calor latente) é retirado dos oceanos. As nuvens se formam quando o vapor de água presente nas nuvens condensa (ou seja, passam de vapor para líquido novamente). Entretanto, ao chover, a energia acumulada na forma de calor latente é liberada para a atmosfera, pois a energia total do sistema oceano-atmosfera deve ser conservada.

A energia infravermelha constantemente emitida da superfície aquecida dos oceanos segue de volta para o espaço, e ao passar pela atmosfera interage novamente com os gases presentes. Após absorverem essa energia, os gases mandam de volta parte desse calor para a superfície. Esse é o chamado efeito estufa. Os gases mais atuantes são o vapor de água e o CO<sub>2</sub>, e quanto maior a concentração desses gases na atmosfera, mais tempo a energia infravermelha irradiada pela Terra fica aprisionada na própria atmosfera, aumentando a temperatura do ar e da superfície.

Os movimentos de rotação e orbital da Terra fazem com que a energia do Sol seja diferente, dependendo da latitude e da estação do ano. O equador e os trópicos recebem bem mais energia do que os pólos. No equador e nos trópicos não existem diferenças muito grandes da energia que chega entre os meses de verão e de inverno, mas quanto mais nos afastamos do equador em direção aos pólos, maior se torna a diferença entre verão e inverno. Essa diferença de calor é distribuída das regiões tropicais para os pólos pela ação dos ventos, na atmosfera, e das correntes, nos oceanos.

Nos últimos anos tem se falado muito sobre o aquecimento global, mas apenas muito recentemente, a comunidade científica conseguiu mostrar que os gases que participam do efeito estufa são aqueles emitidos pelo homem e, portanto, podem potencialmente afetar a temperatura do planeta. Um melhor entendimento do aquecimento global depende ainda de muitas pesquisas. Para alunos em nível médio e fundamental é mais importante ensinar sobre as interações entre os oceanos e a atmosfera, e deixar claro que existe uma profunda dependência entre eles.

Como isso é um assunto de bastante interesse geral, podemos usar alguns exemplos que aparecem na televisão para explicar as trocas de calor no planeta, tais como o derretimento de geleiras e o aumento nas ocorrências de furações.

## 3.5 Ventos

Para descrevermos os ventos na atmosfera e as correntes nos oceanos temos que lembrar dois conceitos básicos de física: pressão e densidade, sem os quais é inútil prosseguirmos.

**Pressão:** Quando enchemos um balão de ar, fazemos com que a massa do ar dentro do balão aumente, e isso promove uma maior pressão nas paredes do balão. Já que as paredes são de borracha, elas cedem à pressão, e o balão aumenta seu tamanho. Se um balão preenchido for aberto, notaremos que o ar sob maior pressão sai rapidamente pela abertura. Em outras palavras, o ar tende a sair de regiões de maior pressão para as de menor pressão. Lembrando que a atmosfera é uma camada de ar com cerca de 100km de espessura ao redor de todo o planeta, quando medimos a pressão atmosférica estamos na verdade medindo quanto de ar existe sobre um ponto na superfície. De maneira similar ao que descrevemos para o balão, o ar tenderá a se deslocar (ou seja, o vento é criado) se por alguma razão regiões de baixa e alta pressão se formarem. O aumento da temperatura em superfície tem papel fundamental na criação de regiões de pressão mais baixa.

**Densidade:** Se fizermos camadas de fluidos, como por exemplo, água e óleo em um copo, essas camadas se arranjam naturalmente de acordo com sua densidade. O óleo ficará sempre sobre a água porque tem densidade menor do que ela. Isso vai também

acontecer nos oceanos e na atmosfera. Camadas de densidade diferentes vão se acomodar de forma com que as camadas com menores densidades fiquem sobre camadas de maior densidade. Qualquer coisa que modifique esse posicionamento natural de camadas cria uma situação que chamamos de instável e as camadas se moverão para voltarem à posição estável. A temperatura tem um papel fundamental controlando a densidade das massas de ar e de água. As massas de ar, quando aquecidas, tendem a subir, pois se tornam menos densas devido à expansão do ar. Por outro lado, quando o oceano é resfriado, a densidade da água diminui, e as massas de água tendem a descer para profundidades maiores.

Os ventos são produtos do aquecimento diferencial da Terra. Já que o aquecimento da atmosfera é de baixo para cima, e que o ar aquecido tende a subir na coluna de ar, um grande aquecimento da superfície pode criar uma região de baixa pressão. Isso acontece porque ar quente é menos denso que o ar frio e, ao subir, remove o ar da superfície. Esse ar é resfriado em altitude e volta a descer em outro local, e ao descer, aumenta a quantidade de ar na superfície, aumentando assim a pressão local. Desta forma, na superfície teremos consecutivas regiões de alta e baixa pressão. Criadas as regiões com diferentes pressões, o ar na superfície se deslocará das regiões de alta para as regiões de baixa pressão. Lembrando de como a Terra recebe calor (mais no equador e menos nos pólos), teremos no equador pressões mais baixas e por isso lá convergem os ventos alísios, originados tanto no hemisfério norte como no hemisfério sul. Além da diferença de temperatura, a rotação da Terra e a presença de continentes farão com que o resultado da dinâmica da atmosfera seja traduzido em campos de vento que formam grandes giros pelo planeta. Esse mesmo mecanismo que dirige a dinâmica da atmosfera em larga escala também gera movimento em escalas menores como, por exemplo, a formação da brisa marinha.

Nos oceanos, a densidade da água é uma função da temperatura e da salinidade. Quanto maior a quantidade de sais dissolvidos na água, maior é sua densidade e quanto maior é a temperatura, menor é a densidade. Dessa maneira, assim como na atmosfera, as massas de água nos oceanos tendem a se acomodarem em camadas estratificadas, de modo que o fluido menos denso, ou mais “leve”, ocupa as porções superiores da coluna de água. Isso é muito importante nos oceanos, sobretudo nos estuários onde as águas de origem continental (rios) encontram as de origem oceânica.

### **3.6 Correntes**

Existem diferentes tipos de correntes nos oceanos. Também nesse caso, a altura da coluna de água representa uma maior pressão, e as massas de água tenderão a sair de regiões de maior acúmulo de água para as de menor. Todavia, as correntes mais facilmente observadas e as mais importantes para a pesca ou para estudos sobre dispersão e poluição da água são aquelas geradas pelo vento soprando na superfície. Podemos usar aqui uma analogia do que acontece num lago ou piscina, quando está ventando forte. Ao

passar pela superfície da água, o vento transfere energia de movimento (chamamos isso de momento) para a água, e imediatamente se formam ondas e a água é transportada em correntes de deriva. Numa xícara de chá ou café podemos observar o mesmo se soprarmos numa direção bem definida. Os ventos impulsionam correntes, porque transferem movimento através do atrito com a superfície. Desta forma, teremos na superfície dos oceanos uma circulação em grandes giros, bem semelhante àquela observada na atmosfera. Esses grandes giros ocorrem ao longo do equador e contornam os continentes, de forma que por um lado a água aquecida nos trópicos é levada em direção aos pólos, e do outro, a água fria dos pólos é trazida em direção ao equador.

## 3.7 Física do Oceano Costeiro e dos Estuários

Como vimos anteriormente, devido às alterações do nível do mar ocorridas em tempos geológicos recentes, grande parte das zonas litorâneas continentais da Terra foi formada a partir de planícies alagadas, deixando um solo rico em matéria orgânica e propício para a agricultura. Conseqüentemente, as regiões litorâneas são as mais habitadas da Terra. A qualidade das águas, o controle de enchentes, a diversidade do habitat e a distribuição dos organismos ao longo da costa dependem, em grande parte, da movimentação das águas costeiras. Aqui, sofrem a influência do aporte de rios, canais e aquíferos que drenam os continentes e trazem água doce para a região costeira, além de sedimentos e outros materiais dissolvidos (Figura 3.7). Como a densidade da água doce é menor que a dos oceanos, ao desaguar na região costeira, essa drenagem continental modifica os processos de mistura e o transporte de substâncias, formando o estuário. As marés são importantes na região costeira, promovendo uma mistura intermitente das águas continentais e oceânicas. Todas essas características favorecem a produtividade biológica e a atividade pesqueira.



Figura 3.1: Zona de Mistura, onde a água do mar é mais intensamente diluída. Foto: Atos 2 Multimídia.

Como as populações humanas litorâneas cresceram extraordinariamente durante os últimos dois séculos, os ambientes estuarinos se encontram entre os mais impactados. As grandes diferenças de densidade (empuxo) dificultam as trocas de água na coluna de água vertical inibindo, portanto, a mistura de substâncias. Assim, a presença de esgotos domésticos e industriais podem causar concentração indesejável de poluentes na coluna estratificada, e atividades agrícolas podem gerar super-enriquecimento de nutrientes, causando desequilíbrio desses ecossistemas. Os estuários abrigam ecossistemas importantes, como os manguezais, os quais constituem berço de várias espécies de peixes e crustáceos (vide Capítulo 2).

As principais forças que agem nesses ambientes são as marés e os ventos. As descargas fluviais também influenciam esses ambientes de duas formas: pela entrada do fluxo de água doce e pela alteração da densidade da água, uma vez que a água doce é menos densa do que a água salgada. Essas diferenças de densidade são conhecidas como empuxo, e farão com que as águas se movam uma em relação às outras tanto na vertical como na horizontal.

A estratificação, no estuário, é responsável pelo fluxo das águas fluviais em direção a zona costeira, enquanto as águas oceânicas penetram no estuário, através das camadas inferiores, pois esta é mais densa, ou “pesada” (Figura 3.7). Assim forma-se ao longo do estuário uma interface de separação desses fluidos, a qual define uma zona frontal estuarina de massas de água distintas (salinidades e temperaturas características). Evidentemente, a ação da maré no estuário contribui para tal deslocamento, de acordo com os movimentos oscilatórios de enchente (estuário acima) e vazante (estuário abaixo).



Figura 3.2: Cisalhamentos horizontais da corrente nos estuários e zona de convergência. Esta é denotada pela faixa que mostra a mudança de tipo de água. Foto: Atos 2 Multimídia.

Do ponto de vista da Física dos Oceanos, os estuários e a zona costeira constituem um verdadeiro laboratório natural a céu aberto, onde a combinação dos efeitos mencionados confere ao ambiente todas as características necessárias para o seu desenvolvimento. Sem sombra de dúvidas, uma abordagem multidisciplinar da dinâmica desses ambientes contribuirá para sua preservação ao longo das próximas gerações, garantindo o futuro dos ecossistemas e de seu uso sustentado.

## 3.8 Marés

Podemos dizer, resumidamente, que as marés são o efeito das forças de atração entre os astros de nosso sistema solar. Vamos discutir o efeito que esses astros causam na massa de água que compõem os oceanos. A principal propriedade que difere o fluido do sólido é a deformação sofrida por ação de uma força. Sendo assim, o efeito da maré no oceano é muito evidente, quando comparado à crosta terrestre. As marés geram deslocamentos verticais da superfície dos oceanos e, conseqüentemente, movimentos horizontais compensatórios.

Os principais astros são a Lua, o Sol e o nosso próprio planeta, a Terra (especificamente a hidrosfera). Esse efeito sempre foi objeto de estudo das civilizações antigas, entretanto só ganhou robustez científica a partir da elaboração da Teoria da Gravitação Universal, por Isaac Newton e fundamentada pelas leis da inércia. Os períodos de órbita desses astros são bem conhecidos, e constam de tabelas astronômicas.

Considerando inicialmente apenas as relações entre a Terra e a Lua, podemos assumir que os dois astros orbitam em torno de um centro de massa comum ao sistema, localizado fora do centro da Terra, nas proximidades de sua superfície. Esse centro de massa passa a ser origem de um sistema e referencial inercial. Os efeitos gravitacionais e inerciais geram deformações na superfície do oceano, formando dois bulbos opostos. O maior faceia a Lua porque a distância Terra-Lua é menor e o efeito gravitacional, maior. O bulbo menor se forma por ação da inércia. A inércia, aqui, se refere ao retorno da água a sua posição normal quando a força de atração passa a não mais existir. Só que como essa atração é periódica, a subida do nível do mar e seu retorno conferem a característica de uma onda. Esquecendo por ora esse movimento orbital, mas considerando o movimento de rotação da Terra, um observador na superfície do oceano percebe duas elevações máximas do nível, em 24 horas e 50 minutos (ou duas por dia lunar – marés semidiurnas lunares, de período 12 horas e 25 minutos). Esse atraso pequeno em relação o dia solar, de 24 horas, ocorre porque a Lua também está em movimento orbital ao redor do Sol. Esse mesmo raciocínio pode ser aplicado para o sistema Terra-Sol.

A formação dos dois bulbos também será análoga: um bulbo formado por ação gravitacional do Sol e outro, por ação inercial do sistema. Analogamente ao caso anterior, um observador perceberá a ocorrência de dois máximos em 24 horas (ou duas por dia Solar - marés semidiurnas solares, de período 12 horas). As variações diurnas (solares e lunares)

são causadas pela inclinação das órbitas dos sistemas solares e lunares, respectivamente, em relação ao plano do equador terrestre. Dessa maneira, uma vez por dia, no Hemisfério Norte e no Hemisfério Sul, a superfície do oceano experimenta uma variação diurna de períodos associados a cada sistema (24 horas e 24 horas e 50 minutos, respectivamente). O efeito total da maré nos oceanos é muito mais complicado, pois deveríamos considerar o atrito entre o fluido e a terra, além das barreiras impostas pelos continentes ao deslocamento dos bulbos. O resultado é uma composição (chamada harmônica) de várias ondas, com períodos distintos relacionados a cada sistema. Ainda, o efeito da maré é mais pronunciado na zona costeira e em regiões rasas, onde sofre processos de amplificação. As oscilações do nível do mar são acompanhadas por movimentação de água, gerando as correntes de maré.

### **3.9 Ondas**

A ação do vento sobre a superfície dos oceanos forma ondulações e movimento, conhecidas como correntes de deriva. Na verdade, a maior parte da energia transferida pelo vento para os oceanos é canalizada para a formação de ondas. Podemos observar isso facilmente num dia de vento mais intenso, quando a superfície do mar se torna rugosa e coberta por pequenas vagas. Nas regiões costeiras, o atrito imposto pelo leito oceânico e pela linha de costa também modifica a hidrodinâmica do ambiente, intensificando ou alterando a direção das correntes marinhas. As ondas geradas pelo vento, tal qual comumente observamos da praia, em geral se formam bem longe do litoral. Propagam-se em direção à costa, tomando um alinhamento paralelo à inclinação do fundo marinho. As principais características dessas ondas (amplitude, frequência e comprimento de onda) são definidas pela intensidade da ação dos ventos, de forma que quanto mais forte os ventos, maiores serão as amplitudes das ondas, enquanto as outras características são definidas pela morfologia do terreno e pela natureza da onda que é formada no oceano profundo e chega ao litoral.

### **3.10 Atividades Propostas**

#### **3.10.1 Ventos**

Propomos uma atividade simples para os alunos pensarem sobre a formação dos ventos, na qual consiste na observação da brisa marinha. Quando temos uma região com água e terra que recebe a mesma quantidade de calor (por exemplo, o litoral) a direção dos ventos muda de acordo com o período do dia. Durante o dia, o Sol aquece tanto a terra como a água. Entretanto, a terra se aquece mais rapidamente devido ao seu baixo calor específico, e sobre ela o ar também vai esquentar mais rápido. Assim teremos uma diferença de pressão atmosférica, pois o ar sobre o mar estará mais frio (mais denso) e

o vento tenderá a soprar do mar para a praia (chamado de maral). Já durante a noite acontece o contrário. O ar sobre a terra resfria mais rápido do que sobre o mar e o vento tenderá a soprar da praia em direção ao oceano (chamado de vento terral). Portanto, de manhã bem cedo o vento será terral e no final do dia, maral. Lembramos que isso somente ocorrerá se não houver outros fenômenos que interfiram na circulação atmosférica, como por exemplo, as frentes frias.

### 3.10.2 Observação de Ondas

Observe, por um tempo, as ondas que se aproximam da praia e procure identificar uma série que forme um “trem de ondas” (em analogia, cada crista forma um vagão). Procure estabelecer uma referência visual fixa dentro da água (pode ser um surfista sentado na prancha, uma embarcação fundeada ou uma bóia sinalizadora). A altura da onda pode ser estimada de acordo com o objeto em referência e o período deve ser medido com um cronômetro da seguinte maneira: dispare o cronômetro e marque a passagem de 11 cristas pelo objeto de referência. Pare o cronômetro em cima da passagem da 11<sup>a</sup> crista e divida o tempo medido no cronômetro por 10. Num dia de tempestade no mar, as ondas geradas têm mais energia e observaremos que tanto a amplitude quanto o período das ondas serão maiores. A direção de propagação das ondas e a direção dos ventos também podem ser avaliadas nesse estudo.

### 3.10.3 Régua Maregráfica

Outro experimento fácil de ser conduzido é o de observação das marés, o qual consiste na fixação de uma régua numa praia calma (ou área protegida do costão). Para isso é conveniente escalarmos várias turmas de dois ou três alunos, para revezamento das leituras. Essas medidas serão feitas a cada 30 minutos, e sugerimos que se ocorram por um período mínimo de 25 horas, anotando-se a altura da maré e o horário da medição. Depois basta fazer um gráfico XY, com a altura da maré no eixo Y e o tempo, no eixo X. Os alunos deverão interpretar o gráfico e, dependendo da região, poder-se-á observar as desigualdades diurnas, mencionadas na parte teórica. Os segredos desse experimento estão em sua fixação, na escolha de um lugar calmo (sem ondas fortes) e raso, e no filtro de alta frequência, para fazermos uma medição relativamente estável do nível do mar (veja o esquema de montagem, na Figura 3.10.3 ).

#### Material utilizado

- Tubo de PVC para esgoto (2,0 m);
- Trena, a ser presa no tubo, com fita transparente;

- Mangueira plástica transparente, a ser presa por cima da trena, e de onde serão lidas as medidas de nível do mar;
- Três elásticos resistentes (usado em motos) para prender o tubo;
- Três estacas de bambu.

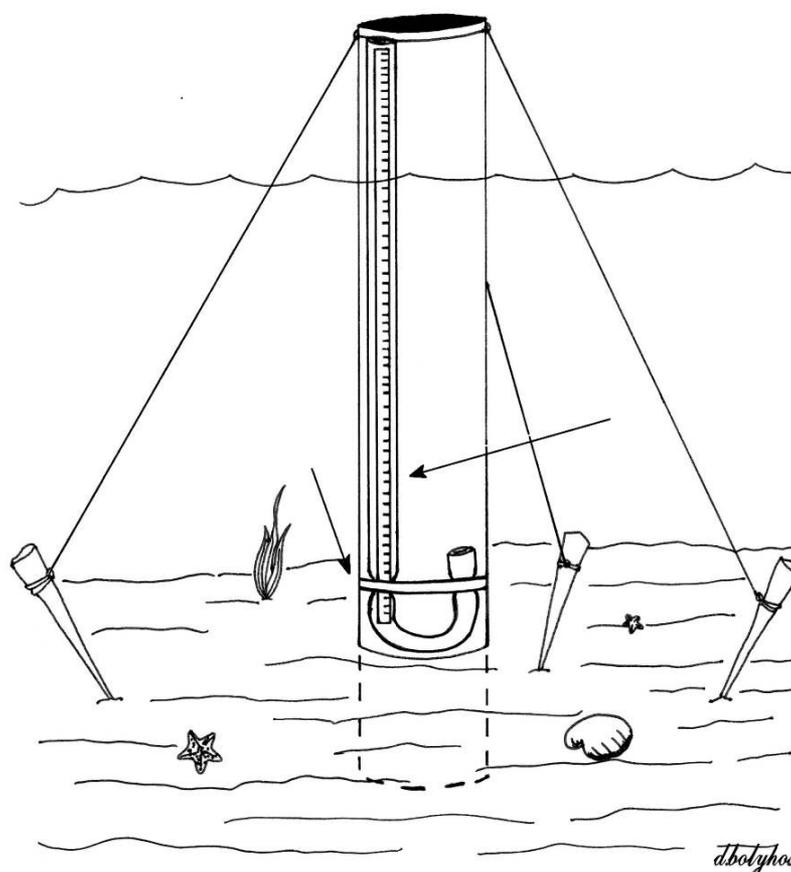


Figura 3.3: Régua Maregráfica. Consulte a tábua de marés, de modo que o lugar escolhido para instalação permita que as leituras sejam feitas tanto na baixa-mar quanto na preamar. Detalhe do tubo plástico transparente “estrangulado”, formando um filtro para as ondulações de mais alta frequência.

## 3.11 Agradecimentos

Ao aluno do Curso de Desenho Industrial, Sr. Daniel Bolyhos (UNIBAN), pelo esquema confeccionado no presente capítulo.

## Bibliografia Utilizada e Leitura Complementar

MELO, E. *Projeto Sentinelas do Mar: instruções para efetuar as observações*. Rio de Janeiro: COPE/ Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1991. 11 p.

MIRANDA, L. B. ; CASTRO, B. M. ; KJERFVE, B. *Princípios de oceanografia física de estuários*. São Paulo: EDUSP, 2002. 414 p.

SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K. ; OLIVEIRA, A. M. S. ; OLIVEIRA, P E. *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, 2005. 378 p.

VILLWOCK, J. A. ; TOMAZELLI, L. J. Geologia costeira do Rio Grande do Sul. *Notas Técnicas, Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, UFRGS*, v. 8, p. 1-45, 1995.

*Denis Moledo de Souza Abessa*<sup>1</sup>  
*Andréa Pimenta Ambrozevicius*<sup>2</sup>

### 4.1 Introdução

Desde que o ser humano adquiriu hábitos sedentários, sua capacidade de alteração do meio natural foi aumentando. Até meados do século XIX, esse aumento ocorreu de forma relativamente gradual. No entanto, após a Revolução Industrial e o desenvolvimento de técnicas mais efetivas de produção, a humanidade passou a promover transformações em um ritmo impressionante, trazendo juntamente com os benefícios materiais, a degradação geral do meio ambiente.

O aperfeiçoamento tecnológico e científico, ao mesmo tempo em que permitia o desenvolvimento de métodos de produção em massa, também possibilitou o aumento populacional numa escala sem precedentes, agravando o quadro de degradação. O crescimento populacional possui relação direta com o aumento da quantidade de resíduos sólidos e efluentes gerados, tanto domésticos quanto industriais. Além disso, o crescente fenômeno de urbanização e inchaço das grandes cidades, observado no Brasil a partir dos anos 1960, também contribuiu para que as condições ambientais piorassem sensivelmente.

A quantidade de resíduos produzida é proporcional, não só ao tamanho da população humana, mas também ao seu grau de urbanização e padrão de consumo. Em vilas rurais é produzida menor quantidade de resíduos por habitante do que nas grandes metrópoles. No Brasil, esse quadro é bastante agravado pela falta de planejamento, de modo que o crescimento urbano tem sido desorganizado, sem que exista infra-estrutura suficiente para atender à população. Isto se traduz em ausência ou precariedade na coleta e tratamento de esgotos e lixo, que acabam sendo lançados diretamente no ambiente.

A falta de planejamento no uso e na ocupação do solo tem como agravante ainda a ocupação de áreas inadequadas para moradia, principalmente pela população de baixa renda, tais como encostas, vales de rios e manguezais, trazendo problemas adicionais ao meio ambiente.

Como exemplo da complexidade do problema, pode-se citar a relação entre crescimento populacional e consumo de água: a partir de 1950 o consumo de água, em todo

---

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Campus Experimental do Litoral Paulista (CLP) Praça Infante D. Henrique, s/n - Parque Bitaru - 11330-900 - São Vicente (SP), Brasil.

<sup>2</sup>Mestranda do PROCAM/USP.



Figura 4.1: Vila dos Pescadores, Cubatão. Exemplo de ocupação humana sobre área de proteção permanente, sem infra-estrutura de esgotamento sanitário. Tal situação é nociva para os moradores das palafitas, e também causa problemas para a qualidade ambiental, para os pescadores, os processos ecológicos e chega a atingir as praias, afetando atividades econômicas centrais, em especial o turismo.

o mundo, triplicou; isso se deveu ao acréscimo no número de habitantes e também ao aumento do consumo médio de água por habitante, em cerca de 50%. Considerando-se, que para cada 1000 litros de água utilizada pelo homem, são produzidos 10.000 litros de água poluída, pode-se entender a gravidade da situação.

Nas cidades litorâneas, o problema tende a ser maximizado nos meses de verão, quando um grande contingente de turistas procura estas estâncias, saturando os já precários serviços existentes. Mesmo nas cidades que contam com serviços de coleta e disposição de esgotos, o problema ainda não foi totalmente eliminado, pois existem ligações clandestinas nas galerias pluviais, que deságuam diretamente no mar. Além disso, deve ser ressaltado que mais da metade da população mundial vive a menos de 100 km do mar, pois as zonas costeiras apresentam-se propícias ao estabelecimento humano. Isso faz com que os ecossistemas costeiros estejam entre os que sofrem pressões mais intensas e os maiores impactos ambientais.

Na Baixada Santista, a ocupação também foi feita sem planejamento, como em grande parte do nosso país, originando impactos severos devido a grande aglomeração urbana e atividades correlatas (comércio, indústria, porto). Além disso, grande parte da população vive em favelas e palafitas, exposta a doenças de veiculação hídrica e apresentando altos índices de mortalidade infantil. É altamente indesejável para uma sociedade que busca ser desenvolvida, ter pessoas vivendo sob essas condições.

Entre os impactos existentes na zona costeira, destaca-se o lançamento de resíduos domésticos e industriais nos ambientes aquáticos, resultando em água poluída ou contaminada, produzindo efeitos tóxicos sobre os organismos e afetando o equilíbrio ecológico.

Embora os termos contaminação e poluição sejam muitas vezes utilizados como sinônimos, em geral a poluição é considerada mais severa do que a contaminação (Tabela 4.1). De acordo com a Política Nacional de Meio Ambiente – PNMA, Lei Federal nº 6.938/81 (Brasil, 1981), poluição foi definida como “a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.



Figura 4.2: Praias de Astúrias e Pitangueiras, no Guarujá. Estas praias são exemplos didáticos da ocupação desordenada do litoral, na qual arranha-céus foram construídos sobre a faixa de dunas da região de pós-praia. Esse processo causou diversos problemas diretos, como degradação da paisagem; sombreamento da praia durante parte do dia; prejuízos à circulação dos ventos, barrando a brisa marítima e criando ilhas de calor. Os problemas gerados pela verticalização tornam-se mais nítidos durante o verão, quando milhares de turistas buscam as praias paulistas, e que também é o período mais chuvoso do ano. Nessas condições, o sistema de coleta e disposição de esgotos não consegue suportar a demanda, havendo extravasamento para o ambiente; além disso, a rede coletora é falha (em algumas cidades chega a ser inexistente), de modo que o esgoto chega às praias por meio das galerias pluviais e também pelo arraste superficial das águas de chuva e de drenagem urbana.

Tabela 4.1: *Comparação entre o significado de contaminação e poluição.*

Contaminação	Poluição
Concentrações acima dos níveis naturais.	Concentrações acima dos valores permitidos por lei.
Presença de substâncias sem causar efeito aparente.	Presença de substâncias causando efeitos nocivos.

## 4.2 Dinâmica dos contaminantes no ecossistema aquático

De acordo com o tipo de poluente e intensidade dos despejos, a poluição pode ser dispersa em nível local, regional, ou até mesmo global. Os poluentes, após alcançarem o ambiente hídrico, são espalhados e transportados por correntes e ondas, fazendo com que a amplitude de sua distribuição aumente, podendo, de uma fonte pontual, atingir larga escala no ambiente. Isto significa que os poluentes produzidos ou lançados em um determinado lugar, podem afetar outras áreas. Exemplos de transporte de poluentes podem ser vistos na Baixada Santista, onde substâncias lançadas pelas indústrias de Cubatão chegam à Baía de Santos pelo Canal do Porto.

Além disso, uma vez que os contaminantes encontram-se no corpo hídrico receptor, sofrem uma série de reações químicas e biológicas, que alteram suas propriedades, podendo ser absorvidos pelos organismos, evaporar, ser degradados, ou ainda, precipitar-se no fundo, junto aos sedimentos (Figura 4.2). Esta é a tendência principal, sendo que a maioria dos contaminantes pode ser encontrada, nos sedimentos, em concentrações muito maiores do que na coluna d'água. Uma vez no fundo, os contaminantes causam efeitos sobre os organismos, e ainda podem retornar à coluna d'água, através da ressuspensão ou da transferência pela cadeia alimentar.

Como o lançamento dos poluentes é, em geral, pontual e concentrado em locais rasos, nos quais a circulação não permite sua diluição adequada, os níveis de contaminação tornam-se críticos. Além disso, o mar acaba sendo o receptor final de quase todos os efluentes dos municípios costeiros, e a interação dos contaminantes com os sais marinhos pode resultar até mesmo em aumento do poder tóxico de algumas substâncias. Esse problema é agravado pelo fato das águas marinhas e estuarinas adjacentes à costa constituírem áreas de berçário, reprodução, crescimento e alimentação de muitas espécies (vide Capítulo 2), inclusive aquelas exploradas comercialmente, além de serem freqüentadas por banhistas. Assim, os riscos à saúde humana e ambiental podem ser ampliados quando os contaminantes atingem uma baía ou estuário.

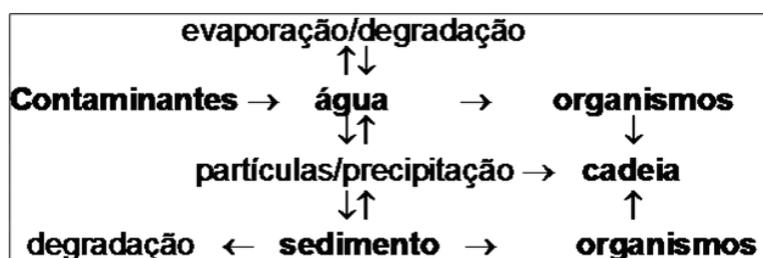


Figura 4.3: Dinâmica dos contaminantes no corpo hídrico.

### 4.2.1 Toxicidade

Geralmente, quando se observa alguma contaminação no ambiente, ela não é causada por apenas uma substância, e sim por misturas de vários contaminantes. Além disso, os poluentes podem interagir entre si, potencializando os efeitos negativos sobre a biota.

As substâncias tóxicas são aquelas que, mesmo em pequenas concentrações, causam efeitos nocivos aos organismos; e incluem elementos químicos, compostos inorgânicos, orgânicos naturais e sintéticos. Seus efeitos sobre os organismos são dos mais variados, e vão desde perturbações nos níveis genéticos e bioquímicos até níveis de comunidades, passando por efeitos celulares, histológicos, fisiológicos, comportamentais, reprodutivos e populacionais.

## 4.3 Aporte de Contaminantes para o Ambiente

Quando se pretende entender os problemas ambientais resultantes da poluição, deve-se considerar a forma como os poluentes entram no ambiente, pois ela se relaciona diretamente com seus possíveis efeitos. As principais rotas de entrada dos contaminantes nos meios hídricos são: esgotos domésticos; atmosfera (chuvas, aerossóis, enxurrada); indústrias (poluição química e térmica); portos e acidentes com navios e terminais; atividades de dragagem; erosão acelerada; infiltração e percolação de materiais dispostos inadequadamente; acidentes e disposição de resíduos nucleares.

### 4.3.1 Matéria Orgânica

A matéria orgânica é formada por compostos de carbono, originados de organismos vivos e sujeitos à degradação por bactérias, através de processos geralmente oxidativos (que consomem oxigênio do ambiente), que resultam em produtos inorgânicos reaproveitáveis no ambiente. Em excesso, porém, compõe o tipo mais comum de poluição, e também o mais difundido e mais difícil de ser controlado, uma vez que suas fontes não são pontuais, e sim, difusas (esgotos, insumos agrícolas, efluentes industriais e águas pluviais). Geralmente, a matéria orgânica não é tóxica por si, mas, em grandes quantidades, produz efeitos indiretos, devido à eutrofização<sup>1</sup>, levando à anóxia e à produção de amônia, metano e ácido sulfídrico, que são tóxicos aos organismos aquáticos (Figura 4.3.1). A falta de oxigênio, a turbidez e a presença de gases, resultantes da eutrofização, impossibilitam a vida de plantas e animais aquáticos. A matéria orgânica pode ainda estimular florações de algas tóxicas e, como muitas vezes está associada a esgotos, pode conter organismos patogênicos.

---

<sup>1</sup>Pode ser definida como uma “fertilização” das águas, que ocorre quando uma quantidade exacerbada de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, é introduzida no ambiente aquático, resultando na proliferação acelerada de algas unicelulares e favorecendo a floração de bactérias, que, por sua vez, consomem a maior parte do oxigênio presente na água. Os organismos mortos pela falta de oxigênio alimentam, com



Figura 4.4: Canal de drenagem urbana apresentando águas altamente eutrofizadas, devido ao lançamento de esgoto clandestino. A matéria orgânica presente no esgoto, somada às altas concentrações de amônia e fósforo, serve como fonte de nutrientes para algas e bactérias, que crescem desproporcionalmente, consumindo o oxigênio dissolvido na água e conseqüentemente produzindo anóxia.

### 4.3.2 Metais

Depois da matéria orgânica, os metais são os contaminantes mais comuns no ambiente. Os elementos metálicos ocorrem normalmente na natureza, em baixas concentrações, e alguns participam do metabolismo dos seres vivos, sendo necessários para os organismos em doses mínimas. Porém, em doses mais elevadas, podem ser bastante tóxicos e levar à morte. As principais fontes para o ambiente aquático são as indústrias, seguidas dos esgotos domésticos e das embarcações.

Os metais mais frequentemente utilizados nos processos industriais são o Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cromo (Cr), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Mercúrio (Hg), Níquel (Ni), Alumínio (Al), Ferro (Fe) e Zinco (Zn); e seus principais efeitos são alterações na atividade enzimática, tumores, danos neurológicos e musculares, rompimento de cromossomos, entre outros. Como não são biodegradáveis, podem apresentar o efeito de bioacumulação, ou seja, podem ser absorvidos pelos seres vivos e ser retidos nos seus tecidos.

### 4.3.3 Hidrocarbonetos

Os hidrocarbonetos são compostos basicamente por átomos de carbono e hidrogênio, e também são muito comuns no ambiente aquático, sendo representados por substâncias naturais produzidas por vegetais e também por óleos, graxas e produtos derivados de petróleo. Podem ser extremamente tóxicos e danosos aos organismos aquáticos, pois se associam às membranas biológicas e aos tecidos lipídicos. Além das fontes naturais, existem as fontes antrópicas de hidrocarbonetos, compostas pelas indústrias, navios, portos, terminais e plataformas petrolíferos, etc. Existem muitos tipos de hidrocarbonetos, como compostos lineares, ramificados e/ou cíclicos, que formam cadeias com número de carbonos pequeno ou grande, etc. Destaca-se o grupo dos hidrocarbonetos poli-aromáticos (HPAs), cuja toxicidade e carcinogenicidade são extremamente elevadas.

Os principais efeitos biológicos dos hidrocarbonetos são a asfixia por recobrimento; a destruição de membranas biológicas; a alteração do transporte ativo nas membranas celulares; destruição celular; alterações em lipo-proteínas e nas gônadas e os tumores.

### 4.3.4 Hidrocarbonetos halogenados

Os compostos orgânicos (formados por carbono, hidrogênio e oxigênio) incluem também uma família especial de substâncias sintéticas, que contêm em suas moléculas um ou mais átomos de halogênios (Flúor, Cloro, Bromo, Iodo e Astató) Fazem parte desse grupo os pesticidas organoclorados, os solventes orgânicos de baixo peso molecular, os cloro-flúor-carbonos (CFCs) e as bifenilas poli-cloradas (PCBs). São extremamente tóxicos e muito persistentes, permanecendo por centenas de anos na natureza. Além disso, possuem grande afinidade com lipídeos, podendo bioacumular de forma muito intensa. Por

---

sua própria matéria orgânica, as bactérias, acentuando ainda mais o processo.



Figura 4.5: Manguezal contaminado por vazamento de óleo. Além de possuir alta toxicidade e capacidade de acumulação nos tecidos (em especial os adiposos), o óleo recobre as raízes das árvores e impede as trocas gasosas e a absorção de nutrientes, podendo causar morte dos indivíduos afetados. Quando é absorvido no sedimento, pode se acumular em sub-superfície (i.e., logo abaixo da superfície do sedimento), onde não há presença de oxigênio e os processos de degradação são lentos; nessas situações, pode permanecer por vários anos, causando efeitos negativos sobre a biota.



Figura 4.6: Exemplar de bagre coletado próximo à área de descarte de material dragado do Porto de Santos. O sedimento contaminado por diversos tipos de substâncias é lançado em mar aberto, e diversos cientistas atribuem as alterações morfológicas e as altas taxas de tumores em peixes do local aos poluentes presentes no sedimento disposto. Foto: cortesia do Prof. Dr. Afonso Bainy, CCB-UFSC.

suas características, muitos compostos halogenados foram proibidos internacionalmente. Além da aplicação direta de pesticidas na agricultura, as indústrias, os combustíveis e o processamento de madeira constituem as principais fontes para o ambiente.

Os principais efeitos causados por essas substâncias são a dissolução e alteração de membranas, tumores, alterações nos tecidos muscular, gorduroso e gonadal, alteração no metabolismo do hormônio estrógeno, aumento da suscetibilidade a doenças e conseqüente morte.

#### 4.3.5 Detergentes

Os detergentes são compostos orgânicos, formados por cadeias de carbono às quais podem estar ligados alguns radicais, como sulfatos e fosfatos, e também sais, como o sódio, o que lhes confere características de afinidade com a água e com lipídeos e lhes permite, então dissolver óleos e graxas na água, pela formação de micelas. Causam efeitos nas membranas celulares, dissolvendo-as e por isso apresentam alta toxicidade. Porém, são degradados em um período de tempo relativamente curto, principalmente em águas doces, ricas em bactérias. As principais fontes são os esgotos, pelo uso doméstico de produtos de limpeza, e os dispersantes de óleo, usados em acidentes petrolíferos, por exemplo.

#### 4.3.6 Poluição térmica

A mudança da temperatura do ambiente aquático também é considerada um tipo de poluição, uma vez que pode ser bastante prejudicial para a biota, devido ao fato da maioria das espécies apresentar faixas de tolerância muito estreitas em relação às variações térmicas. Geralmente é fruto de despejo de águas residuais e de resfriamento de indústrias ou usinas geradoras de eletricidade. Além dos prejuízos causados pela alteração da temperatura, a água aquecida possui menos oxigênio dissolvido e a elevação da temperatura acelera o metabolismo dos animais, fazendo com que eles requeiram mais oxigênio do que normalmente, agravando a situação. A escassez de oxigênio reduz ainda a capacidade de autodepuração dos rios, pois prejudica a ação de bactérias decompositoras de detritos (Magossi & Bonacella, 1990). A poluição térmica pode levar ainda a um desequilíbrio ecológico, promovendo a proliferação de alguns organismos e inibindo a reprodução de outros. Além disso, certas espécies podem também se tornar mais suscetíveis a infecções.

#### 4.3.7 Medicamentos

Remédios, antibióticos e hormônios, como anticoncepcionais, são utilizados em larga escala, atualmente, na prevenção e no tratamento de enfermidades. Grande parte destes compostos é eliminada através das fezes e da urina, sendo então liberada no ambiente

pelo esgoto. Estes compostos podem causar alterações fisiológicas e/ou comportamentais nos organismos aquáticos e, como se acumulam em seus tecidos, podem ser ingeridos pelo homem. Muitos atuam como desreguladores endócrinos, e causam diversos distúrbios (inclusive no homem), como infertilidade, feminilização, abortos, entre outros.

#### 4.4 Custos Sócio-Econômicos e Ambientais da Poluição

O desenvolvimento de métodos produtivos extremamente impactantes, cuja finalidade é a exploração e aproveitamento máximo dos recursos naturais, sem se importar com seus efeitos sobre o ambiente ou sobre a humanidade, acabou por contaminar ou esgotar os recursos naturais de diversos países. É o que se chama de “privatização dos lucros e socialização dos prejuízos”, ou seja, alguns grupos lucram ao poluir o ambiente com seus rejeitos, deixando os prejuízos da poluição para a sociedade. Isto foi observado com mais força na Europa Ocidental e nos Estados Unidos, onde a degradação estava atingindo tal ponto que a sociedade se viu forçada a criar mecanismos para preservar os recursos restantes, restaurar áreas destruídas e ainda minimizar os impactos que estivessem ocorrendo.

O Brasil adotou o modelo norte-americano de desenvolvimento, porém a visível degradação ambiental, em especial dos recursos hídricos, e a forte exclusão social mostram que esse modelo econômico falhou em vários pontos e necessita ser corrigido, o que já vem acontecendo, embora de forma bastante incipiente.

Atualmente, os custos da poluição para a própria humanidade são bastante reconhecidos. Esses custos podem ser divididos, de maneira simplificada, em sociais, estéticos e econômicos, mas geralmente estão intrinsecamente interligados. Por exemplo: a poluição de uma praia por esgotos torna seu aspecto desagradável; com isso, menos turistas irão frequentá-la, gerando uma diminuição da quantidade de dinheiro em circulação; esta diminuição acaba por causar uma redução da renda da população local e até mesmo desemprego. Dentre os principais custos da poluição hídrica, destacam-se:

- emissão de odor e aspecto desagradável da água;
- aumento da incidência de doenças de veiculação hídrica;
- diminuição da pesca;
- desvalorização do pescado;
- diminuição de empregos diretos e indiretos, com conseqüências para as populações tradicionais;
- diminuição da potencialidade turística;
- perdas econômicas para o município e população, gerando aumento da violência;



Figura 4.7: Praia de Itamambuca, em Ubatuba, considerada imprópria pela CETESB, devido ao lançamento de esgotos. A poluição prejudica o turismo, pois espanta os turistas e ameaça a saúde dos banhistas e frequentadores. Porém, esse problema ainda não recebe a devida importância, tanto pelos governantes como pela sociedade.

- desequilíbrio ecológico;
- perda de recursos naturais e de biodiversidade.

Quanto aos problemas de saúde pública provenientes do contato de pessoas com água contaminada, destacam-se as diarreias e parasitoses, que resultam em internações hospitalares, óbitos e altas taxas de mortalidade infantil. Além disso, os contaminantes podem também causar efeitos de longo prazo, tais como alterações hormonais, com possível perda de fertilidade; danos neurológicos; diminuição da capacidade de aprendizado; aumento da predisposição a doenças oportunistas; intoxicações crônicas; câncer e até mesmo a morte.

Porém, a implantação de indústrias e outros empreendimentos traz importantes benefícios econômicos e sociais, como geração de empregos e arrecadação de impostos. Então é importante que tais atividades sejam implantadas de maneira planejada, obedecendo às leis ambientais, de forma a causar o menor impacto possível, conseqüentemente, minimizando os prejuízos ecológicos, sociais, ambientais e econômicos.

Com o conhecimento atual adquirido e amplamente divulgado sobre as fontes de água doce do planeta e seus riscos de escassez, a poluição aquática tornou-se um dos principais problemas globais a ser resolvido no século XXI.

## 4.5 Características dos Esgotos Domésticos

Esgoto pode ser definido como resíduo líquido proveniente das atividades humanas, ou águas servidas das casas, sendo geralmente um termo que define efluentes domésticos. No entanto, pode agregar também efluentes industriais, comerciais, de origem difusa ou desconhecida, e águas pluviais. É isso que geralmente ocorre nos grandes centros urbanos, onde o esgoto é geralmente composto por uma mistura oriunda de diversas fontes.

A composição do esgoto é de 99,9% de água e apenas 0,1% de outras substâncias (contaminantes, nutrientes, hormônios, gases, proteínas, gorduras, sólidos, partículas, bactérias, algas, micro-organismos patogênicos, etc...). O volume de esgoto produzido por cada indivíduo diariamente está entre 50 e 200 litros, o que equivale a um peso seco de 200 a 500g de resíduos por habitante por dia (Clark, 1998).

Quanto à caracterização do esgoto, devem ser compreendidas as suas propriedades físicas, químicas e biológicas. As características físicas incluem o teor de matéria sólida, sua temperatura, odor, níveis de oxidação, condutividade, cor e turbidez, enquanto as características químicas consistem nos teores de matéria orgânica e inorgânica, e de contaminantes. Já as propriedades biológicas envolvem a presença de micro-organismos, como bactérias, protozoários e vírus, a determinação de sua patogenicidade e os processos de degradação de matéria orgânica, responsáveis pelo consumo do oxigênio dissolvido na água.

### 4.5.1 Planejamento e Sistemas de Coleta e Tratamento de Esgotos Domésticos

A destinação final dos esgotos é um tema bastante complexo, pois depende de planejamento e dimensionamento adequados, considerando os aspectos sócio-econômicos da cidade ou região, suas características ambientais, a legislação vigente, as alternativas tecnológicas e a viabilidade econômica de implementação dos sistemas de tratamento e disposição. Além disso, o planejamento dos sistemas de coleta e de tratamento de esgotos deve considerar não somente o número de habitantes existentes na região, mas também a sua população flutuante e a tendência de aumento da população residente em curto, médio e longo prazo.

A primeira etapa a ser planejada é a implantação da coleta em todas as residências. A rede coletora local deve possuir interceptores, com estações elevatórias e recalques para bombear o esgoto, se necessário, e tendo seu trajeto similar ao das ruas e avenidas. O efluente é então direcionado a uma estação, onde pode ser realizado o pré-condicionamento do esgoto, seguido ou não por tratamentos específicos, antes de seu lançamento no ambiente.

Pré-condicionamento: antes de o esgoto ser efetivamente tratado, passa por um sistema de pré-condicionamento, processo preliminar relativamente simples, que pode an-



Figura 4.8: Praia do Lázaro, Ubatuba. É um exemplo didático e válido para todas as cidades litorâneas de São Paulo. Parcela importante do esgoto produzidos nas casas acaba sendo lançado nas galerias pluviais e alcança a praia, fazendo com que as águas fiquem impróprias e ameaçando a saúde dos banhistas.



Figura 4.9: Estação de pré-condicionamento de esgotos da SABESP (EPC) do José Menino (Santos), que atende à grande parte dos municípios de Santos e de São Vicente. A EPC está conectada a um sistema de disposição oceânica (emissário submarino) que lança o efluente na região central da Baía de Santos, a aproximadamente 4 km da praia.

teceder tratamentos posteriores ou constituir o único processamento, antes da disposição por meio de emissários submarinos. A estação de pré-condicionamento (EPC) retira os sólidos mais grosseiros do esgoto, através de processos físicos, como gradeamento (retira objetos de 4 a 10 cm), peneiramento (partículas de 0,1 a 1,0 cm) e caixa de areia (para retirada do material sedimentável). Pode incluir a cloração, método mais comumente utilizado para eliminar os organismos patogênicos. Porém, recomenda-se, sempre, a descloração do esgoto antes do lançamento no ambiente, pois o cloro pode se combinar com matéria orgânica e amônia, produzindo tri-halo-metanos e cloraminas, substâncias consideradas tóxicas e persistentes. Além disso, existem outros métodos de desinfecção, como a radiação ultravioleta (UV) e a ozonização.

Emissários submarinos: os sistemas de disposição oceânica, também chamados de emissários submarinos, são tubulações de diâmetro variável que direcionam o esgoto para o alto-mar, onde é lançado. Os emissários são considerados eficientes para minimizar a poluição fecal nas praias, quando feitos em conjunto com obras de captação e operações caça-esgoto, porém, estudos recentes mostram que as áreas próximas aos despejos de emissários freqüentemente encontram-se poluídas. Na Baixada Santista, existem hoje 4 emissários submarinos em funcionamento (1 em Guarujá, 1 em Santos/São Vicente e 2 em Praia Grande) e mais 1 sendo projetado, também na Praia Grande. Estes sistemas lançam o esgoto a distâncias que variam entre 3,5 e 4,5 Km da costa, após pré-condicionamento e cloração.

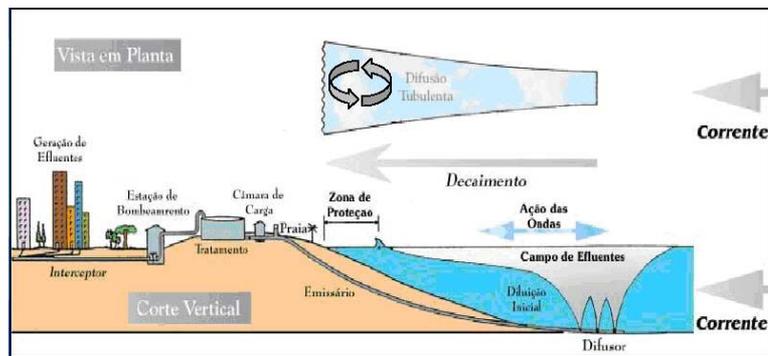


Figura 4.10: Esquema do processo de disposição oceânica de esgotos por meio de emissários submarinos (fonte: [www.sabesp.com.br](http://www.sabesp.com.br)). Nota-se que o efluente é lançado ao mar através de difusores, aberturas menores cuja função é aumentar a diluição inicial, permitindo uma depuração mais rápida e aumentando a eficiência da proteção das praias. Apesar disso, a União Européia proíbe o lançamento de esgoto no mar sem tratamento avançado, pois já existem diversos estudos provando que o oceano não é capaz de realizar a depuração total dos contaminantes.

*Tratamento de Esgotos:* além do pré-condicionamento, o esgoto pode passar ainda por tratamentos propriamente ditos. Nesse caso, pode ser necessária a adição de bactérias e de produtos químicos para a remoção da contaminação restante após o pré-condicionamento.

*Tratamento primário (ou físico):* consiste normalmente na remoção de sólidos persistentes após a etapa de pré-condicionamento, geralmente em lagoas de decantação.

*Tratamento secundário (ou biológico):* consiste na biodegradação da matéria orgânica, por meio de bactérias, na presença ou ausência de oxigênio, causando diminuição da carga orgânica, de alguns nutrientes, de contaminantes e de parte dos patógenos contidos no esgoto.

*Tratamento terciário (ou químico):* geralmente é feito para a remoção de contaminantes específicos, como metais, organoclorados, fósforo, amônia, entre outros, pela adição de substâncias químicas ou por processos avançados.

A Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) possui, como principal vantagem, a remoção de contaminantes do efluente, com conseqüente minimização da degradação do corpo receptor. Além disso, uma estação completa, apesar de dispendiosa, pode ser implantada em fases, o que pode viabilizar sua implantação, quando não há grande quantidade de recursos financeiros disponíveis. Entre as desvantagens, podemos citar os altos custos de operação e a geração de um resíduo final denominado lodo, que é considerado um resíduo perigoso e deve ser disposto em um aterro industrial.

*Fossas Sépticas:* nas áreas mais isoladas, não urbanizadas e com baixa densidade populacional, recomenda-se a utilização de fossas sépticas. Elas podem servir a 1 ou mais domicílios, reproduzindo, em pequena escala, os processos de tratamento primário e/ou

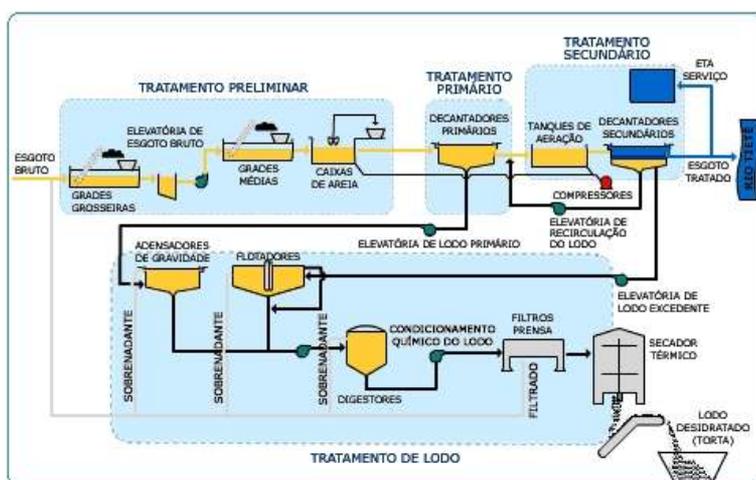


Figura 4.11: Esquema dos processos rotineiros de tratamento de esgotos (águas e lodo) adotados nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) da SABESP (disponível em [www.sabesp.com.br](http://www.sabesp.com.br)). Infelizmente, ainda é baixo o número de ETE na zona costeira do Brasil, e grande parte dos esgotos “in natura” acaba sendo lançado nos rios e mares.

secundário. As fossas sépticas são impermeabilizadas, protegendo o solo e as águas subterrâneas, além de possuírem um sistema de calcinação e caixas de gordura. Trata-se de câmaras construídas para reter os despejos por um período de tempo pré-estabelecido, permitindo a ocorrência de sedimentação dos sólidos e retenção do material graxo contido nos esgotos, transformando-os em substâncias mais simples e estáveis. As fossas sépticas podem ser também acopladas a reatores biológicos, produzindo efluentes com baixa carga orgânica.

É importante ressaltar a diferença entre fossas sépticas e fossas comuns (ou sumidouros), que não possuem projeto de engenharia e normalmente são buracos cavados no solo, causando problemas de contaminação do solo e das águas subterrâneas.

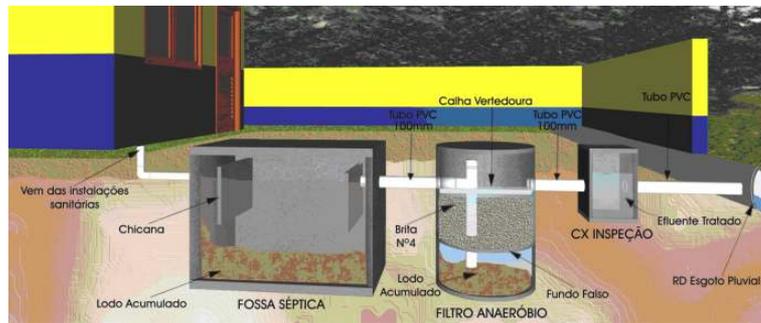


Figura 4.12: Esquema utilizado normalmente para implantação de fossa séptica.

## 4.6 Disposição de esgotos no Brasil

Nas cidades costeiras do Brasil, a situação mais comum é de lançamento de esgotos por meio de emissários submarinos, sendo feito apenas o pré-condicionamento do efluente. Em alguns casos, a cloração é adotada, sem a devida descloração dos efluentes finais. Mais raramente, existe o tratamento dos esgotos, em especial quando o corpo receptor é um rio. Porém, muitas cidades brasileiras ainda não contam nem mesmo com redes de coleta capazes de atender à população, sendo ainda necessárias a sua instalação e a correção dos problemas já existentes. No entanto, em longo prazo, a tendência do Brasil é acompanhar as diretrizes internacionais, integrando os tratamentos, primário e secundário do esgoto, à disposição oceânica por emissários submarinos.

## 4.7 Roteiros para trabalhos com alunos

- a) Construção de maquete de simulação de um sistema de tratamento de esgoto, usando garrafas PETs, areia, tela, mangueira, cola e materiais descartáveis – a água previamente tingida com corante deve passar pelo sistema e sair visualmente mais límpida;
- b) Monitoramento da qualidade da água da praia mais próxima, usando bandeiras da CETESB – pode ser feito através de visitas à praia, por consultas pela internet ou pelo acompanhamento via jornal, televisão, revistas;
- c) Questionamento sobre “como é o sistema de esgoto da sua casa?” – os alunos levam questões para casa, para discussão com familiares e vizinhos, levantando dúvidas e despertando interesse pela busca de tais informações;
- d) Identificação de problemas na água da praia (ou de rios) mais próxima à escola, e relação com o tipo de uso do solo (casas, comércio, indústrias, áreas verdes, etc) – os alunos devem relacionar o tipo de poluição encontrada com as possíveis fontes;

#### *CAPÍTULO 4. ASPECTOS SOBRE POLUIÇÃO AQUÁTICA NA ZONA COSTEIRA*

---

- e) Experimento de comparação utilizando brotos de feijão regados com água limpa e com água suja, com óleo e/ou detergente: verificar semanalmente o crescimento do caule, o surgimento de folhas, sua forma e tamanho, durante 2 meses;
- f) Visita monitorada a uma ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) ou EPC (Estação de Pré-Condicionamento) – agendar com a agência responsável pelo saneamento básico no local.

## Bibliografia Utilizada e Leitura Complementar

BRASIL. Lei Federal nº 6.938 Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. D.O.U., 31 de agosto de 1981.

CLARK, R.B. Marine Pollution. 4th Edition. Great Britain: Oxford University Press, 1998. 161p.

GONÇALVES, F.B.; SOUZA, A.P. *Disposição Oceânica de Esgotos Sanitários. História, Teoria e Prática*. Rio de Janeiro: ABES. 1997. 348p.

JORDÃO, E.P.; PESSOA, C.A. *Tratamento de Esgotos Domésticos*. 3a edição. Rio de Janeiro: ABES. 1995. 720p.

MAGOSI, L.R.; BONACELLA, P.H. *Poluição das águas*. São Paulo: Editora Moderna, 1990. 56p.

MORAES, R. et al. *Efeitos de Poluentes em Organismos Marinhos*. São Paulo: Arte & Ciência – Villipress. 2001. 285p.

## Páginas da Internet

Agência Nacional de Águas: <http://www.ana.gov.br/>

CETESB: <http://www.cetesb.sp.gov.br/>

IBAMA: <http://www.ibama.gov.br/>

Ministério do Meio Ambiente: <http://www.mma.gov.br/port/srh/index.cfm>

SABESP: <http://www.sabesp.com.br>

Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos de São Paulo.

<http://www.sigrh.sp.gov.br>

US Environment Protection Agency: <http://www.epa.gov/waterscience/cs/>

United Nations Environment Program: <http://oils.gpa.unep.org/about/about.htm>

NOAA: <http://www.noaa.gov/coasts.html>

Ana Júlia Fernandes Cardoso de Oliveira <sup>1, 2</sup>  
Iracly Lea Pecora <sup>1</sup>

### 5.1 Introdução

A água, elemento que sustenta a vida na Terra, pode também, quando contaminada por esgotos domésticos, ser responsável pela transmissão de algumas doenças. Neste capítulo, abordaremos os aspectos envolvidos nos ciclos de vida dos agentes biológicos causadores destas doenças, seus mecanismos de transmissão, patogenicidade e sintomas característicos, bem como a importância da manutenção da qualidade das águas recreacionais marinhas como medida para evitar a transmissão de doenças de veiculação hídrica.

Águas que recebem esgotos domésticos sem tratamento carregam consigo uma variedade de microrganismos causadores de doenças (Figura 5.1). As doenças infecciosas veiculadas por águas marinhas recreacionais contaminadas poderão se iniciar após o contato com o agente patogênico, através das vias de penetração: oral (boca), nasal (nariz), cutânea(pele) e ocular (olhos).

Assim, as doenças de veiculação hídrica são um grupo de infecções que podem ser transmitidas pela água. Para fins didáticos, serão aqui agrupadas segundo o tipo de agente causal.

---

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Campus Experimental do Litoral Paulista (CLP) - Praça Infante D. Henrique,s/n - Parque Bitaru - 11330-900 - São Vicente (SP), Brasil.

<sup>2</sup>Grupo de Pesquisa em Dinâmica Pelagial Costeira.

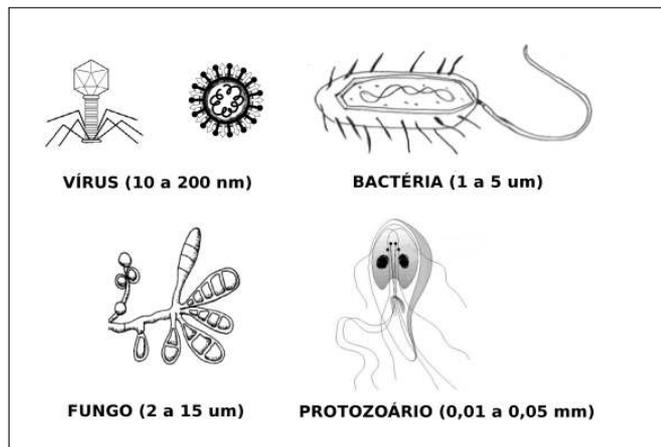


Figura 5.1: Microrganismos que podem ser causadores de doenças de veiculação hídrica.

## 5.2 Doenças de Veiculação Hídrica

### Vírus

#### HEPATITE INFECCIOSA

**Agente causal:** vírus tipo “A” (HAV).

**Como se contrai:** água contaminada com fezes de doentes; ingestão de frutos do mar crus ou mal cozidos e transfusão de sangue.

**Via de penetração:** oral.

**Localização:** fígado.

**Sintomas: apresenta dois períodos:** 1) anictérico – mal-estar; náuseas; urina escura, e, 2) icterício – náuseas; dor abdominal; aumento do fígado; icterícia; urina cor de coca-cola; pode ainda ser assintomática.

**Particularidades:** período de incubação de 15 a 50 dias; é doença endêmica no nosso meio; evolui em duas a três semanas (média).

**Como evitar:** não nadar em águas contaminadas; lavar bem os alimentos; tratar a água (resistem aos métodos de cloração da água, mas não à fervura por 10 a 15min); isolar o doente; dar destino adequado aos dejetos humanos; usar seringa descartável; uso adequado de sangue e derivados. Há duas vacinas: uma deve ser aplicada em duas doses com intervalo de seis meses e a outra, em três doses durante esses seis meses.

#### HEPATITE E

**Agente causal:** vírus da Hepatite E.

**Como se contrai:** ingestão de água e alimentos contaminados.

**Via de penetração:** oral.

**Localização:** fígado.

**Sintomas:** assintomática; ou icterícia, mal estar, perda do apetite, febre baixa, dor abdominal, náuseas, vômitos, diarreia, dor nas articulações e urina escura.

**Particularidades:** mais comum após inundações. Incubação de 15 a 60 dias. As grávidas (último trimestre de gestação) têm maior risco de evolução para hepatite fulminante (letalidade: 20%).

**Como evitar:** não nadar em águas contaminadas; lavar bem os alimentos; tratar a água (resistem aos métodos de cloração da água, mas não à fervura por 10 a 15min); dar destino adequado dos dejetos humanos através de infra-estrutura de saneamento básico.

### **POLIOMIELITE (PARALISIA INFANTIL)**

**Agente causal:** poliovírus sorotipos 1, 2 e 3.

**Como se contrai:** ingestão de água e alimentos contaminados.

**Via de penetração:** oral.

**Localização:** inicialmente garganta e intestinos; depois corrente sangüínea e sistema nervoso (neurônios motores).

**Sintomas:** assintomática inicialmente; paralisia flácida (permanente ou transitória) de início súbito, podendo ocorrer óbito.

**Particularidades:** apenas um em cada mil casos de contaminação provoca a paralisia; existem 25 milhões de portadores de pólio em todo o mundo que podem propagá-la, mesmo nas regiões onde ela é considerada extinta. Como evitar: vacinação; não nadar em águas contaminadas; lavar bem os alimentos; tratar a água (resistem aos métodos de cloração da água, mas não à fervura por 10 a 15min); dar destino adequado dos dejetos humanos através de medidas de saneamento básico.

### **CONJUNTIVITE**

**Agente causal:** vírus (ou bactérias).

**Como se contrai:** surgem por reações alérgicas a poluentes ou substâncias irritantes como poluição e o cloro de piscinas. O indivíduo ao lesionar (coçar) a região irritada, favorece a penetração dos agentes causais, tornando-a contagiosa.

**Via de penetração:** ocular.

**Localização:** conjuntiva e parte interna das pálpebras.

**Sintomas:** olhos vermelhos e lacrimejantes; pálpebras inchadas; sensação de areia ou de ciscos nos olhos; secreção; coceira.

**Particularidades:** dura uma semana a 15 dias, sem deixar seqüelas.

**Como evitar:** evitar aglomerações; não nadar em águas de qualidade duvidosa (piscinas, academias e praias); lavar com freqüência o rosto e as mãos; não coçar os olhos; aumentar a freqüência de troca das toalhas do banheiro; não usar as fronhas dos travesseiros dos portadores; não compartilhar o uso de esponjas, rímel, delineadores ou de qualquer outro produto de beleza.

### **ROTAVIROSE**

**Agente causal:** Rotavirus sorotipos A, B e C.

**Como se contrai:** água e alimentos contaminados pelas fezes de doentes ou contato com secreções respiratórias de pessoas infectadas.

**Via de penetração:** oral.

**Localização:** intestino.

**Sintomas:** diarreia abundante (de três a oito dias), vômitos, febre alta e dores abdominais. Uma das complicações é a desidratação grave que pode ser fatal.

**Particularidades:** uma vacina (vírus vivo atenuado) faz parte do Calendário Nacional de Vacinação e está sendo oferecida para as crianças menores de seis meses em todos os postos de vacinação do País desde 6/3/2006. Responsáveis por 600.000 mortes/ano no mundo, sendo considerado o mais importante agente causador de gastroenterites e óbitos em crianças menores de cinco anos, em todo mundo.

**Como evitar:** não nadar em águas poluídas; desprezar adequadamente as fezes ou fraldas contendo material fecal; lavar as mãos antes de preparar os alimentos, antes das refeições, antes/após a troca de fraldas das crianças, e antes/após usar o banheiro; lavar e ferver as mamadeiras e chupetas/bicos antes do uso; tratar toda água para consumo humano com hipoclorito de sódio a 2,5% (duas gotas para cada litro de água deixando em repouso por 30min antes do uso) ou com fervura, onde não exista tratamento de água; guardar a água tratada em vasilhas limpas e de boca estreita; cozinhar e guardar bem os alimentos (deve atingir 60°C no interior do produto); manter as superfícies da cozinha sempre limpas; lavar e desinfetar os alimentos crus (solução de hipoclorito de sódio a 2,5% durante 30min, uma colher de sopa para cada litro de água); dar destino adequado ao lixo e dejetos; incentivar o aleitamento materno, principalmente durante os primeiros seis meses de vida.

## Bactérias

### GASTROENTERITE

**Agente causal:** bactérias (ou vírus).

**Como se contrai:** ingestão de água ou alimentos contaminados, contato com fluídos corporais de pessoas infectadas, direta (beijo) ou indiretamente (mãos, compartilhar copos, pratos, colheres, garfos, etc.).

**Via de penetração:** oral.

**Localização:** estômago e intestino delgado.

**Sintomas:** diarreia, vômitos; febre; desidratação.

**Particularidades:** responsável pela maioria dos óbitos em crianças menores de um ano de idade; intimamente associada à falta de tratamento da água, de rede de esgoto, água encanada e destino adequado para o lixo.

**Como evitar:** saneamento básico; higiene dos alimentos e cuidados de higiene pessoal; combate às moscas e uso de água filtrada ou fervida; não nadar em águas poluídas.

### CÓLERA

**Agente causal:** *Vibrio cholerae*.

**Como se contrai:** ingestão de água ou alimentos contaminados.

**Via de penetração:** oral.

**Localização:** intestino delgado (duodeno e jejuno) onde produz a enterotoxina que pode causar diarreia.

**Sintomas:** assintomática (90%) ou diarreia de pequena intensidade; pode ocorrer diarreia aquosa profusa de instalação súbita, potencialmente fatal, com evolução rápida (horas) para desidratação grave e diminuição acentuada da pressão sanguínea (menos de 10% dos infectados).

**Particularidades:** apenas 2 sorogrupos produzem enterotoxinas *V. cholerae* O1 (biotipos "clássico" e "El Tor") e o *V. cholerae* O139 transmitido pelas fezes por 7 a 14 dias. A propagação direta é pouco importante, pois necessita grande quantidade de bactérias para produzir infecção (acima de 1.000/mL em alimentos e de 100.000/mL na água). Em alimentos, sobrevive por até 5 dias (15 a 40°C), ou por até 10 dias (5 e 10°C). Resiste ao congelamento. Baixo grau de risco em crianças só amamentadas (até 6 meses), se observados os cuidados de higiene.

**Como evitar:** evitar alimentos crus ou mal cozidos (não resiste a mais de 80°C), frutos do mar, os preparados com ovos (como maionese caseira), molhos, sobremesas tipo mousse, bebidas não engarrafadas industrialmente, leite não pasteurizado, sucos, sorvetes e gelo. Os legumes são facilmente contaminados e difíceis de serem lavados adequadamente. Saneamento básico; cuidados de higiene pessoal; uso de água filtrada ou fervida; não nadar em águas poluídas.

### **FEBRES TIFÓIDE E PARATIFÓIDE**

**Agente causal:** *Salmonella typhi*; *Salmonella paratyphi*.

**Como se contrai:** alimentos (principalmente ovo cru), água, mãos e roupas contaminadas com fezes. Via de penetração: oral.

**Localização:** inicialmente no intestino delgado, invadindo depois a circulação sangüínea e qualquer órgão, inclusive as células de defesa; mais freqüentes no fígado, baço, medula óssea, vesícula e intestino (íleo terminal).

**Sintomas:** dor de cabeça; mal-estar; fadiga; boca amarga; febre; calafrios; indisposição gástrica; diarreia e aumento do baço.

**Particularidades:** o período de incubação leva de cinco a 23 dias; o doente pode transmitir os bacilos por muitos anos. A febre paratifóide é mais rara que a tifóide, com os tipos "A", "B" ou "C" (diferem no tempo de incubação) e sua fonte de infecção é a mesma: doentes e portadores. A paratifóide "B" resulta de envenenamento alimentar com os sintomas: náuseas; vômitos; febre; calafrios; cólicas; diarreias e prostração. O período de incubação é de 3 a 60 dias.

**Como evitar:** uso de fossas ou redes de esgotos; tratamento da água; não nadar em águas contaminadas por esgotos; combate às moscas; educação sanitária dos manipuladores de alimentos; lavar bem e cozinhar os alimentos; cuidados de higiene pessoal; vacinação e exame nos convalescentes para a descoberta de portadores.

### **OTITE EXTERNA (INFECÇÃO DO OUVIDO)**

**Agente causal:** várias bactérias e fungos.

**Como se contrai:** ferimentos da pele que permitem a penetração dos agentes causais quando presentes na água contaminada.

**Via de penetração:** cutânea, lesada.

**Localização:** orelha externa.

**Sintomas:** dor intensa e perda da audição. Em alguns casos, podem aparecer secreção e prurido.

**Particularidades:** a otite média é a inflamação da orelha média, geralmente decorrente de gripes, resfriados, infecções na garganta ou respiratórias e não é veiculada pela água.

**Como evitar:** não introduzir objetos que possam ferir a pele para limpar ou coçar o ouvido; enxugar a orelha com cuidado, usando uma toalha macia enrolada na ponta do dedo; evitar o uso de cotonetes; quando nadar, utilizar protetores macios para evitar a entrada de água; não nadar em águas poluídas.

## Protozoários

### GIARDÍASE E CRIPTOSPORIDIÍASE

**Agentes causais:** Giardia lamblia (giardíase); Cryptosporidium parvum (criptosporidíase).

**Como se contrai:** ingestão de cistos em água e alimentos contaminados; falta de higiene pessoal.

**Via de penetração:** oral.

**Localização:** intestino delgado (duodeno).

**Sintomas:** dor; irritabilidade; insônia; sintomas de má absorção; emagrecimento; avitaminose de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) com aceleração do trânsito intestinal e eliminação de fezes gordurosas, pastosas, amarelo-esverdeadas; pode ser assintomática.

**Particularidades:** a fase crônica pode durar anos; a vacina contra G. lamblia está bem adiantada; insetos podem veicular os cistos.

**Como evitar:** uso de fossas ou redes de esgotos; tratamento da água; não nadar em águas contaminadas por esgotos; educação sanitária dos manipuladores de alimentos; lavar bem e cozinhar os alimentos; cuidados de higiene pessoal.

## Fungos

### MICOSES SUPERFICIAIS (MICOSE DE PRAIA)

**Agente causal:** *Malassezia furfur* e outros.

**Como se contrai:** contato com areia contaminada; contacto com animais de estimação; chuveiros públicos; lava-pés de piscinas e saunas; andar descalço em pisos úmidos ou públicos; toalhas compartilhadas ou mal-lavadas; objetos de uso comum (botas, luvas, roupas profissionais); alicates de cutícula, tesouras e lixas nãoesterilizadas.

**Via de penetração:** cutânea (só contato).

**Localização:** parte externa da pele, ao redor dos pêlos ou nas unhas.

**Sintomas:** assintomática; lesões com coceira e com manchas predominantes no pescoço, tórax, costas e braços, apresentando descamação fina.

**Particularidades:** esses fungos se alimentam de queratina; a micose superficial mais comum é a frieira ou “pé-de-atleta”, que atinge a pele entre os dedos, geralmente dos pés; ela pode vir acompanhada de uma infecção bacteriana. A micose de praia (Pitiríase versicolor) é causada por um fungo que se prolifera melhor em ambientes quentes e úmidos, e em pessoas predispostas.

**Como evitar:** não freqüentar nem as areias de praias impróprias ao banho, pois estas também são, geralmente, contaminadas; usar sandálias; enxugar bem o corpo, principalmente as áreas de dobras, como o espaço entre os dedos dos pés e virilha; preferir roupas íntimas de fibras naturais (algodão); esterilizar objetos de manicure; evitar contato demorado com detergentes; lavar a cabeça em dias alternados, com água morna e um bom xampu; não usar pente de outras pessoas; não andar descalço em lugares públicos.

## 5.3 Qualidade Microbiológica de Águas Recreacionais Marinhas E Saúde Pública

### Qualidade da Água do Mar

Grande parte da população mundial vive em cidades próximas à costa e muitas das maiores cidades cresceram ao longo de estuários, baías e áreas costeiras. Esta proximidade do homem com os oceanos gerou interações antigas e importantes. Os oceanos fornecem muitos benefícios aos seres humanos que vão desde a obtenção de alimentos e novas drogas para o tratamento de doenças até as atividades de recreação.

A medida que o mar tornou-se cada vez mais importante à obtenção de alimento e ao lazer, a preocupação com a qualidade das águas marinhas, de praias e de outros ambientes costeiros também aumentou, tendo em vista que a urbanização e conseqüente aumento populacional nas regiões costeiras geraram também um aumento na quantidade

de esgoto e lixo doméstico produzidos.

Na Baixada Santista, o uso de águas costeiras para várias atividades recreacionais tais como, a natação, o mergulho, os esportes náuticos e a pesca, atraí milhares de pessoas para os municípios que compõem esta região, incrementando o turismo de lazer, o qual representa a principal, senão a única, fonte de receita de alguns municípios.

Nestes municípios, a população flutuante representa, durante o verão e feriados prolongados, mais que o dobro da população residente. Este aumento populacional resulta em um aumento na carga de esgotos domésticos que, mesmo servida pela rede coletora, gera um remanescente significativo, que acaba sendo lançado em cursos de água e ao mar, alterando a qualidade da água das praias. Já que as chuvas são também mais intensas no período de verão, o maior aporte de águas de origem continental soma-se à maior ocupação populacional e contribui para piorar a qualidade de água das praias.

Embora o sistema de esgotos sanitários da Baixada Santista, de modo geral, tenha apresentado uma melhora até 2000, ainda é insuficiente para atender ao grande aumento populacional (vide Capítulo 4). Deste modo, é cada vez maior a preocupação com a qualidade das águas das praias dos municípios da Região Metropolitana da Baixada Santista.

Em relação à saúde pública, o principal problema é que o crescimento das populações em cidades litorâneas nem sempre é acompanhado do aumento da infraestrutura de saneamento básico. Nestes casos, os esgotos domésticos são lançados diretamente ao mar, sem qualquer tipo de tratamento, levando com ele uma variedade de microrganismos patogênicos.

A utilização de águas marinhas poluídas por esgotos, para a recreação de contato primário, pode levar o banhista a contrair doenças de veiculação hídrica, como as citadas anteriormente. As doenças de maior incidência, associadas à natação, são as gastroenterites.

## **Disseminação de Resistência**

Além de serem fontes potenciais de contaminação humana por patógenos, as águas recreacionais que recebem esgotos domésticos podem também contribuir para a disseminação de microrganismos resistentes a substâncias antimicrobianas, tais como antibióticos utilizados no tratamento de várias doenças.

Bactérias resistentes a antibióticos são comuns em locais nos quais se utilizam estas substâncias, como por exemplo, hospitais. À medida que o esgoto gerado por hospitais, clínicas e outros ambientes seletivos é lançado no ambiente aquático a ocorrência de bactérias resistentes em ambientes aquáticos tende a aumentar.

## **Balneabilidade e Fatores que a Influenciam**

A qualidade da água utilizada para atividades de recreação, nas quais as pessoas têm contato direto e prolongado com a água (contato primário), tais como mergulho e natação,

é denominada balneabilidade. As águas recreacionais podem ser doces (rios, represas, lagos), salobras (estuários) e salinas (mar).

Entre os fatores que influenciam a balneabilidade, o lançamento de esgotos no mar é o principal deles. Este lançamento pode ser devido à inexistência de sistemas de coleta, tratamento e disposição de esgotos (vide Capítulo 4) ou a sua inadequação, bem como também a existência de rios e córregos que recebem esgotos domésticos e deságuam nas praias. Ligações clandestinas ou erradas à rede de esgotos, como a ligação do sistema de esgotos à rede de drenagem pluvial ou ligação do sistema coletor de águas pluviais à rede de esgotos também contribuem para poluição das praias.

As chuvas, de forma semelhante, influenciam muito a qualidade da água do mar uma vez que o lixo, as fezes de animais e todos os detritos são levados com as águas da chuva, para córregos, galerias e canais de drenagem que atingem o mar.

O tipo de praia (vide Capítulo 2) também tem influência sobre a qualidade da água do mar, pois praias mais abrigadas, situadas em enseadas ou baías, sofrem menor diluição da água do mar e, portanto, concentram mais poluentes.

Outro aspecto bastante importante é a ação das marés na dispersão dos poluentes. Na maré baixa, os córregos e rios fluem ao mar levando com eles todo esgoto que estes contêm, despejando-os nas praias. Na maré cheia, por sua vez, a água do mar penetra nos rios e córregos formando uma barreira para os cursos de água e diluindo os poluentes.

A contaminação das praias pelos frequentadores e por animais também é fator importante nas condições sanitárias das praias, principalmente no que diz respeito às areias.

## **Avaliação da Balneabilidade**

A qualidade das águas recreacionais marinhas é realizada através da análise e monitoramento da presença de um ou mais microrganismos que, quando presentes no meio aquático, indicam a existência de contaminação fecal e a possível presença de patógenos, chamados indicadores.

Até pouco tempo, os microrganismos indicadores de contaminação fecal mais utilizados para monitorar a qualidade de águas recreacionais marinhas eram os coliformes fecais (atualmente denominados termotolerantes). No início da década de 80, a bactéria *Escherichia coli* passou a ser utilizada para este fim, por ser encontrada exclusivamente nas fezes de humanos e de animais homeotérmicos (mamíferos e aves). Assim, sua presença na água do mar é indicativa de elevado nível de contaminação fecal, com possibilidade potencial da presença de microrganismos patogênicos, colocando em risco a saúde dos banhistas.

Atualmente, as bactérias mais utilizadas como indicadoras da qualidade de águas marinhas são os Enterococos. Estas bactérias pertencem ao grupo dos *Streptococos Fecais* e caracterizadas por suportar condições adversas de crescimento, como na presença de cloreto de sódio (6,5%). Embora ocorram também nas fezes de animais, a maioria das espécies de Enterococos é de origem fecal humana.



Figura 5.2: Bandeiras que sinalizam as praias do Litoral Paulista. Vermelha indica água imprópria ao banho e verde águas próprias ao banho.

## Legislação

No Estado de São Paulo, a balneabilidade das praias é monitorada pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). O programa de balneabilidade das praias abrange a avaliação de águas recreacionais marinhas de 15 municípios paulistas e está estruturado para atender à Resolução CONAMA nº 274/2000, que determina que a qualidade das águas marinhas seja avaliada de acordo com a densidade de *Escherichia coli* ou *Enterococos* nas águas das praias. As amostras são coletadas aos domingos, na maré baixa, na profundidade de 1m.

Segundo os critérios estabelecidos na legislação, as praias são classificadas em quatro categorias (Excelente, Muito Boa, Satisfatória e Imprópria), de acordo com as densidades de bactérias fecais resultantes de análises feitas em cinco semanas consecutivas. As categorias Excelente, Muito Boa e Satisfatória podem ser agrupadas numa única classificação denominada Própria.

Com base nos resultados das densidades de bactérias fecais (*E. coli* ou *Enterococos*) obtidas nas últimas cinco semanas de amostragens, são emitidos, semanalmente, boletins informativos sobre a qualidade de água das praias monitoradas. Além do envio dos resultados para a imprensa, prefeituras e outros órgãos, a divulgação também é realizada nas próprias praias, por meio de bandeiras fixadas nas areias. A bandeira de cor verde indica que a qualidade da água está adequada ao banho, sendo a praia classificada como Própria. A bandeira de cor vermelha é utilizada para praias Impróprias, indicando que o banho de mar deve ser evitado. A sinalização (Figura 5.3) é mantida ou substituída no dia seguinte à emissão do boletim, de acordo com a nova classificação semanal da qualidade da praia.

## Areias de Praia

Embora não existam na legislação brasileira padrões e limites estabelecidos para a areia de praias, a resolução CONAMA nº 274/2000, em seu Artigo 80, recomenda aos órgãos ambientais a avaliação das condições microbiológicas e parasitológicas da areia, para futuras padronizações.

Nos últimos anos, devido à incidência de micoses e infecções bacterianas contraídas

por pessoas que freqüentam as praias e utilizam suas areias durante a recreação, a preocupação das autoridades públicas com a contaminação destas areias tem aumentado. Assim, há algum tempo, existe um consenso mundial a respeito das areias das praias serem uma fonte potencial de contaminação por patógenos.

As areias das praias, além de sofrerem a ação da lavagem pela água do mar que pode apresentar altas densidades de microrganismos, também recebem lixo, fezes, urina de animais e secreções do corpo de humanos. Todos estes fatores podem favorecer a proliferação e a disseminação de bactérias, fungos, vírus e parasitas patogênicos.

Os freqüentadores das praias tendem a gastar a maior parte de seu tempo em contato com a areia. Devido à potencialidade de conter altas densidades de patógenos, o contato prolongado com as areias de praias contaminadas talvez apresente mais risco à saúde das pessoas do que o contato com a própria água. As crianças compõem um grupo de risco em particular, pois passam muito do tempo brincando na areia e são mais suscetíveis às doenças associadas a esta contaminação.

## Ações

Proteger as praias não é uma coisa que fazemos apenas quando estamos na praia. De fato, as coisas mais importantes que o indivíduo pode fazer começam na sua casa, no seu bairro, na sua escola.

Quando em sua casa tiver fossa séptica, verifique as instalações e faça sua manutenção regular; além disso, procure utilizar substâncias biodegradáveis em pequenas quantidades. Um problema sério é a destinação do lixo gerado nas residências e do óleo de cozinha. O lixo deve sempre ser colocado em recipientes adequados e fechados para que os animais não o espalhem pelas ruas e o resto do óleo de cozinha deve ser colocado em garrafas pet e entregue ao lixeiro ou a algum grupo de reciclagem. Para sua segurança é muito importante não tomar banho em praias impróprias e sempre escolher as praias de melhor qualidade para freqüentar (informe-se através dos jornais, procurando as bandeiras indicativas nas praias ou no site da CETESB). Evite tomar banho de mar nas 24 horas seguintes a chuvas intensas. Em hipótese alguma tome banho em córregos e canais que deságuam nas praias. Mesmo em praias próprias, evite sempre engolir a água do mar.

Algumas medidas simples podem contribuir muito para melhorar e manter a qualidade das praias, como recolher sempre seu lixo e nunca deixá-lo na areia. Usar banheiros públicos e não fazer suas necessidades na água. Em hipótese alguma levar animais à praia e nunca perturbar a vida animal.

## Sugestões de Atividades

Formar grupos de educação (em escolas, entidades de bairro, igrejas) para ministrarem palestras, atividades lúdicas e experimentos a respeito da importância das medidas

de saneamento e higiene na manutenção da qualidade de águas e da saúde pública; realizar festival da água (Escolas, Paço Municipal, e outros); programar atividades como o Dia da Limpeza de Praias e o Dia Mundial do Monitoramento das Águas (18 de Outubro); incentivar a “adoção” de praias por grupos de alunos que ficariam responsáveis por monitorar as mesmas; formação de grupos para informação aos turistas.

## **5.4 Ilustrações**



Figura 5.3: O adensamento urbano, como o observado na Praia do Itararé em São Vicente, causa aumento da carga de esgotos domésticos, principalmente durante os meses de verão.

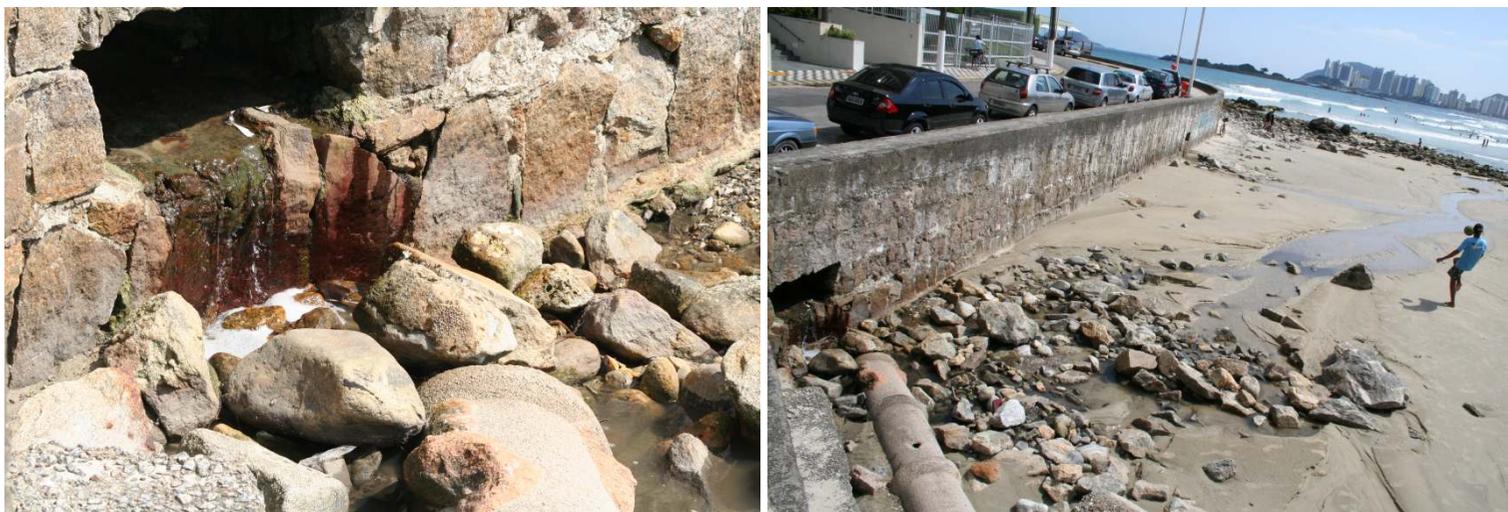


Figura 5.4: Corpos de água que recebem os esgotos domésticos sem tratamento adequado contribuem para contaminação das praias.



Figura 5.5: Tanto os banhistas quanto as pessoas que utilizam as areias das praias para atividades recreacionais, podem estar expostos a uma variedade de doenças.

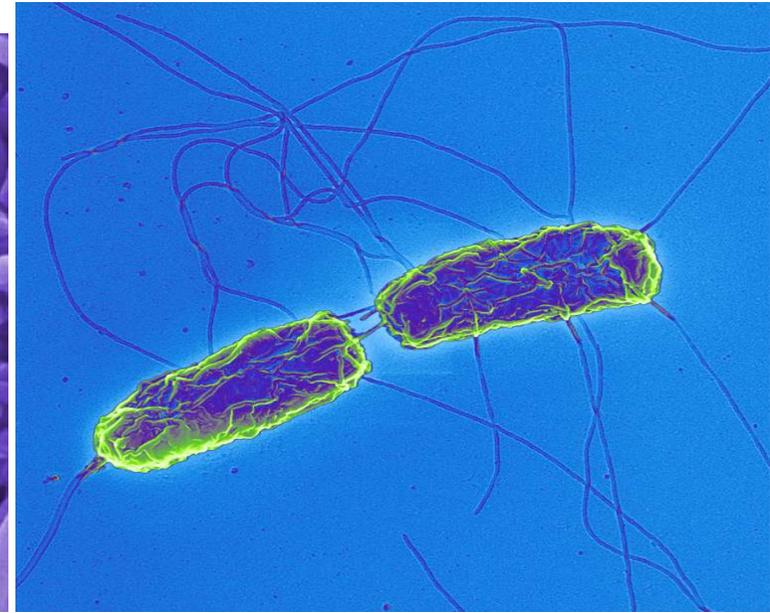


Figura 5.6: Bactérias *Vibrio cholerae* e *Salmonella* sp, causadoras das doenças de veiculação hídrica como a Cólera e a Salmonelose.

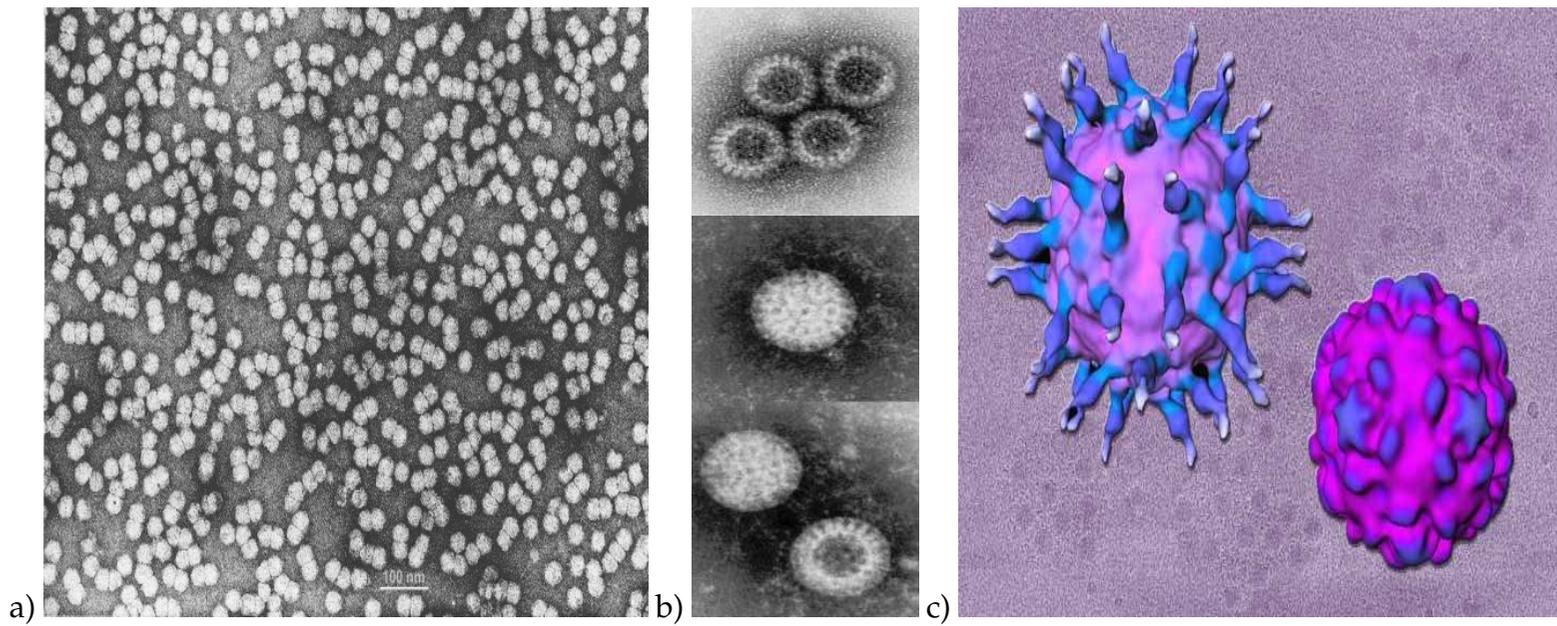


Figura 5.7: Alguns vírus causadores de doenças veiculadas pela água. Vírus da Hepatite A, Rotavírus e vírus da Poliomielite.

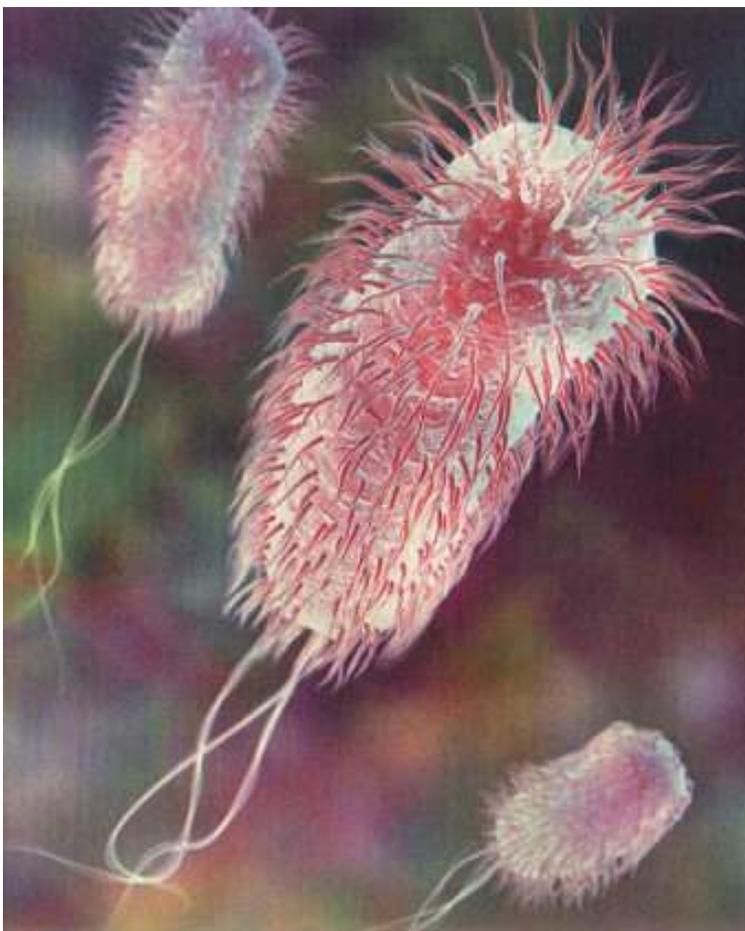


Figura 5.8: Fotomicrografia da bactéria *Escherichia coli*, utilizada como indicadora de contaminação fecal em ambientes de água doce.



Figura 5.9: Fotomicrografia da bactéria *Escherichia coli*, utilizada como indicadora de contaminação fecal em ambientes de água doce.



Figura 5.10: Fotomicrografia de bactérias *Enterococcus* sp, utilizadas como indicadoras de contaminação fecal em ambientes marinhos.

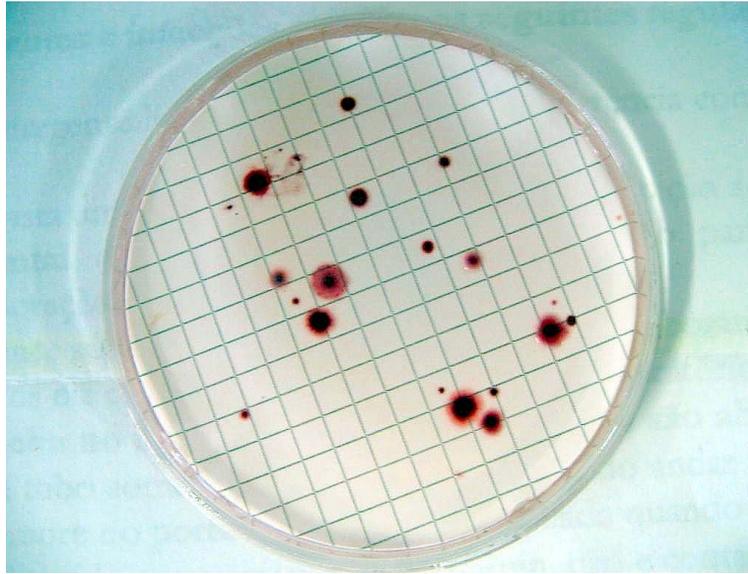


Figura 5.11: Colônias da bactéria *Enterococcus* sp, em meio de cultura Agar mEnterococos.

## Bibliografia Utilizada e Leitura Complementar

AFIFI, S. ; ELMANAMA, A. ; SHUBAIR, M. Microbiological assessment of beach quality in Gaza Strip. *Egyptian Journal of Medical Laboratory Science*, v. 9, 2000.

ALM, E. W. ; BURKE, J. ; SPAIN, A. Fecal indicator bacteria are abundant in wet sand at freshwater beaches. *Water Research*, v. 37, n. 16, p. 3978-3982, 2003.

AMERICAN Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. Washington: APHA, AWWA, WEF, 1999. 1120 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portal Saúde. Disponível em: [http://portal.saude.gov.br/portal/saude/area.cfm?id\\_area=124](http://portal.saude.gov.br/portal/saude/area.cfm?id_area=124). Acesso em: 26 de fevereiro de 2008.

CETESB. Informações sobre a balneabilidade das praias paulistas. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br> . Acesso em: 28 de agosto de 2007.

CETESB. *Relatório de qualidade das águas litorâneas do Estado de São Paulo: balneabilidade das praias 2005*. São Paulo, 2006. 331 p.

CETESB. *Relatório de qualidade das águas litorâneas do Estado de São Paulo: balneabilidade das praias 2006*. São Paulo, 2007. 254 p.

CIVES – Centro de Informação em Saúde para viajantes. Informações sobre doenças infecciosas. Disponível em: <http://www.cives.ufrj.br/informacao/viagem/infecoes.html>. Acesso em: 26 de fevereiro de 2008.

COUTO, José Luiz Viana do. *Saneamento básico e ambiental*. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/sane.htm>. Acesso em: 28 de agosto de 2007.

MEIRELLES-PEREIRA, F. ; PEREIRA, A. M. S. ; SILVA, M. C. G. ; GONÇALVES, V. D. ; BRUM, P. R. ; CASTRO, A. R. ; PEREIRA, A. A. ; ESTEVES, F. A. ; PEREIRA, J. A. A. Ecological aspects of the antimicrobial resistance in bacteria of importance to human infections. *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 33, n. 4, p. 287-293, 2002.

MENDES, B.; NASCIMENTO, M. J.; OLIVEIRA, J. S. Preliminary characterization and proposal of microbiological quality standard of sand beaches. *Water Sci. Technol.*, v. 27.,p. 453-456, 1993.

NEVES, D. P. *Parasitologia dinâmica*. São Paulo: Editora Atheneu, 2003. 474 p. NOVO teste para diagnóstico do rotavírus. *Rev. Manguinhos*, abril, 2007, p. 17. Disponível

em: [http://www.fiocruz.br/ccs/media/17%20imunobiologicos\\_rotavirus.pdf](http://www.fiocruz.br/ccs/media/17%20imunobiologicos_rotavirus.pdf) . Acesso em: 26 de fevereiro de 2008

OLIVEIRA, A. J. F. C.; HOLNAGELL, H. C.; MESQUITA, H. S. L.; FONTES, R. C. F. Physical, chemical and microbiological characterization of intertidal sediments of Pereque Beach, Guarujá (SP), Brazil. *Mar. Pol. Bull.*, v. 54, n. 7, p. 921-927, 2007.

SABESP. *Informações sobre saneamento básico*. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br>. Acesso em 26 de fevereiro de 2008

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria da Saúde. Centro de Vigilância Epidemiológica. *Informações sobre doenças transmitidas por água e alimentos: bactérias patogênicas*. Disponível em: [http://www.cve.saude.sp.gov.br/htm/hidrica/IFN\\_BACT.HTM](http://www.cve.saude.sp.gov.br/htm/hidrica/IFN_BACT.HTM). Acesso em: 28 de agosto de 2007.

SITE oficial Dr. Drauzio Varella. Diagnósticos de várias doenças. Disponível em: [http://drauziovarella.ig.com.br/arquivo/arquivo\\_index.asp](http://drauziovarella.ig.com.br/arquivo/arquivo_index.asp) . Acesso em: 26 de fevereiro de 2008.

U.S. Environmental Protection Agency. Disponível em: <http://www.epa.gov>. Acesso em 26 de fevereiro de 2008

WORLD Health Organizations. *Guidelines for safe recreational water environments*. v. 1: Coastal and fresh waters. Geneva: World Health Organization, 1998. 208 p.

Jorge Hamada <sup>1</sup>

## 6.1 Conceitos Básicos

### Definição de Resíduos

Dentre a diversidade de definições para o termo, pode-se afirmar que resíduos referem-se a coisas sem utilidade ou valor. Resíduos também podem ser definidos como restos da atividade humana e, fisicamente, contém os mesmos materiais que são encontrados nos respectivos produtos originais que tinham valor e utilidade.

Mais importante que a própria definição, é saber o que fazer com os resíduos. Segundo a abordagem de White et al. (1993), uma solução básica para um resíduo seria restaurar seu valor até que deixe de ser considerado resíduo. A perda ou ausência de valor em muitos casos está relacionada com a mistura ou ao desconhecimento de sua composição. Mais especificamente, quando se trata de resíduo sólido, diversos grupos podem ser identificados ou classificados de acordo com a abordagem estabelecida.

Dentre os diferentes grupos de resíduos sólidos, os domiciliares, por natureza, são os mais complicados em termos de manejo, pois são constituídos por uma diversidade de componentes (plásticos, vidro, metais, restos de alimento, etc.), via de regra, totalmente misturados. A composição desses resíduos também varia muito em função da sazonalidade e geograficamente (de um país para outro e de uma cidade para outra).

### Hierarquia no Gerenciamento de Resíduos

Historicamente, saúde e segurança têm sido os principais objetivos no gerenciamento de resíduos. Na atualidade outros aspectos têm-se tornado relevantes, tais como a poluição ambiental e a conservação de recursos naturais.

Nesta abordagem conclui-se que o futuro do ser humano neste planeta repousa no conceito de desenvolvimento sustentável, em que se busca satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de terem atendido suas próprias necessidades (Corson, 1993).

---

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Faculdade de Engenharia de Bauru (FEB), Campus de Bauru - Departamento de Engenharia Civil - Av. Eng. Luiz Edmundo C. Coube, 14-01 - 17033-360 - Bauru (SP).

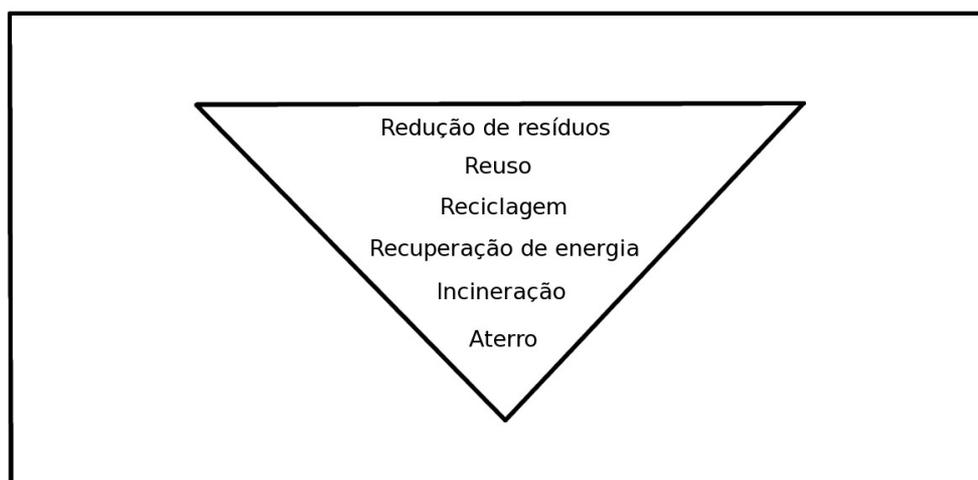


Figura 6.1: Hierarquia no gerenciamento de resíduos sólidos (baseado em White et al., 1993)

O desenvolvimento sustentável implica no manejo eficiente dos recursos naturais e, sempre que possível, conservá-los. Contra essa premissa, a produção e a disposição de resíduos urbanos no solo, nas quantidades atuais, demonstram que há bastante desperdício. Essa volumosa descarga, em lixões ou aterros sanitários, é um forte indício da ineficiência de gerenciamento adequado dos recursos materiais.

Para a solução desta questão, decisões estratégicas podem contribuir muito mais por avaliarem diferentes alternativas de manejo, ao invés de simplesmente refinarem uma determinada solução. Neste caso, define-se uma hierarquia para o manejo de resíduos sólidos e nesta estabelecem-se objetivos para a recuperação e reciclagem de materiais.

A hierarquia no gerenciamento de resíduos sólidos (Figura 6.1) é encabeçada pela redução na origem, ou seja, minimização da geração de resíduos. Como linha geral seguem como opção e nesta ordem: reuso; reciclagem; compostagem; conversão de resíduo em energia (recuperação de energia); incineração sem recuperação de energia (redução volumétrica); e disposição final (aterros).

### Aspectos Ambientais e Econômicos

Melhorias do meio ambiente, em relação aos métodos de disposição dos resíduos, são bem vindas quando cientificamente justificáveis. Contudo, as melhorias normalmente apresentam um custo econômico associado. Mesmo quando se procura atender as legislações estratégicas, tais como o incentivo à reciclagem, ocorre o aumento dos custos associados, pois a coleta torna-se mais complexa com o envolvimento de equipamentos e veículos diferenciados. Portanto, o maior desafio no gerenciamento de resíduos sólidos é encontrar o ponto de equilíbrio entre custos econômicos e a preservação do meio ambiente.

Para um sistema existente, que não foi desenvolvido tendo como objetivo a preservação ambiental, a implementação de ações para atender um determinado padrão ambiental, se não atendida previamente, certamente implicará em custos adicionais. Por outro lado, para um sistema de gerenciamento de resíduos concebido desde o início para alcançar os objetivos ambientais, essas ações podem significar pouco ou nenhum custo adicional, se houver necessidade de atender um novo padrão ambiental.

Um sistema integrado, que pode atuar sobre todos os materiais do fluxo de resíduos sólidos, pode representar um conceito de qualidade total para o gerenciamento de resíduos. O objetivo da qualidade total poderia ser a minimização dos impactos ambientais de todo o sistema de manejo de resíduos, enquanto mantém os custos econômicos em níveis aceitáveis.

## **Sistema Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos**

Está claro que não existe um método único de processamento ou disposição de resíduos que pode abranger todos os materiais de uma forma ambientalmente sustentável. Provavelmente existirão muitas opções para o manejo. O uso de diferentes alternativas, tais como a compostagem ou recuperação de materiais também dependerá da coleta e do subsequente sistema de segregação empregado. Qualquer sistema de gerenciamento, que vise o desenvolvimento sustentável, deve ser constituído por diferentes processos inter-relacionados e de forma integrada.

Ao invés de focalizar ou comparar alternativas individuais (p. ex., incineração vs. aterro; ou usina de reciclagem/compostagem vs. aterro), deve-se tentar sintetizar os sistemas de gerenciamento de resíduos de forma a atuar sobre todo o fluxo de resíduos e depois compará-los do ponto de vista ambiental e econômico. Nesta abordagem estarão envolvidas todas as técnicas de coleta, tratamento e disposição final dos resíduos.

A redução de resíduos na origem, como adotada pela US-EPA (2002), é colocada no topo do esquema hierárquico para o gerenciamento de resíduos. Na realidade a redução na origem é um item essencial no manejo efetivo, pois afeta o volume e a natureza dos resíduos. Deve ser lembrado que, mesmo assim, ainda restarão resíduos para serem dispostos.

O aterro sanitário constitui o único método capaz de absorver sozinho todos os tipos de resíduos (com devidas restrições), porém não valoriza, neste caso, qualquer parcela dos resíduos. O emprego de qualquer opção antes do aterro pode valorizar partes significativas do fluxo de resíduos, reduzir volume e aumentar a estabilização física e química dos materiais componentes, reduzindo volume ocupado e potenciais impactos ambientais.

## 6.2 Caracterização de Resíduos Sólidos Urbanos

### Origem e Classificação

Resíduos sólidos urbanos (RSU) constituem um grupo de resíduos classificados, segundo sua origem em: 1) **Domiciliares**, provenientes de residências (casas e apartamentos); 2) **Comerciais**, provenientes de lojas, restaurantes, mercados e supermercados, escritórios, hotéis, etc.; 3) **Institucionais**, originados em escolas e instituições governamentais, e 4) **Serviços municipais**, resultantes de podas e manutenção de jardins, praças públicas, áreas de recreação, varrição de ruas, etc.

Os **resíduos industriais**, mas advindos dos setores administrativos, de refeitórios e de ambulatórios médicos, podem ser incluídos na categoria de resíduos sólidos urbanos. Resíduos agropecuários pertencem ao grupo de **resíduos agrícolas**, inclusive das agroindústrias e incluem-se, neste caso, resíduos perigosos, tais como embalagens de defensivos agrícolas e de adubos, e dos respectivos produtos, quando vencidos. **Resíduos especiais**, originados nos portos e aeroportos, resultantes de viagens internacionais, seguem normas específicas de destinação.

Uma forma para classificação de resíduos sólidos segue as definições da Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 10.004 (2004), que define a periculosidade do material. Esta classificação é usual em resíduos sólidos industriais, mas pode ser aplicada para outros tipos de resíduos.

### Composição

Os resíduos sólidos urbanos são constituídos por misturas de restos de alimento, papel, papelão, plásticos, metal, vidro, madeira, trapos, couro, etc. A quantificação desses elementos é conhecida como composição gravimétrica.

Essa composição dos resíduos sólidos urbanos é importante para a seleção e operação de equipamentos e instalações, na otimização de recursos e consumo de energia e na análise/projeto de aterros sanitários.

Caracterizações efetuadas no Município de São Carlos (SP), são próximas daquelas observadas nos levantamentos de Gomes, citado por Pinto et al. (2000), como demonstram os valores indicados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1: *Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domésticos do Município de São Carlos (SP) e respectiva biodegradabilidade (Gomes apud Pinto et al. 2000).*

Componente	Porcentagem em peso base úmida	Biodegradabilidade Classificação	% do total
Restos de alimento	56,7	Facilmente biodegradável	56,7
Papel, papelão	21,3	Moderadamente biodegradável	21,3
Tapo	3,4	Difícilmente biodegradável	5,4
Madeira, couro, borracha	2,3		
Vidro	1,4	Não biodegradável	16,3
Plástico	8,5		
Metal	5,4		
Inertes	1,3		

## 6.3 Coleta e Transporte

### Tipos de Coleta

A forma mais comum de coleta, no Brasil, é a de resíduos não segregados na origem, ou seja, aquela que se apresenta em um determinado invólucro (geralmente saco ou lata de lixo) todos os materiais descartados pelos geradores. Neste caso ocorre mistura de restos de alimentos com plásticos, vidros, papel, papelão, metais, etc.

A coleta de lixo segregado na origem é o primeiro passo para se agregar valor ao resíduo, portanto, fundamental para o sucesso de um programa de reciclagem. Essencialmente a chamada coleta seletiva pode ser composta resumidamente como: 1) coleta seletiva residencial; e 2) segregação no comércio e indústria.

Todo o processo de coleta depende da forma de acondicionamento dos resíduos. Por outro lado, essa ação depende de outros fatores como o tipo de resíduo e sua quantidade. Em seguida, apresentam-se os diferentes tipos de sistemas acondicionadores: 1) **Sistema Acondicionador Móvel**: os elementos acondicionadores de lixo são encaminhados para o sistema de disposição e/ou tratamento, são descarregados e retornam ao local de origem; e 2) **Sistema Acondicionador Estacionário**: o acondicionador permanece no local de geração e podem ser com carga mecanizada ou manual.

### Transbordo

A distância entre o local de coleta e o destino final, através dos veículos coletores, pode ser elevada até o ponto de inviabilizar economicamente tal procedimento. Nesses casos,

são necessárias operações especiais de transbordo e transporte. Tais operações podem ser essenciais para um sistema integrado de manejo de resíduos sólidos.

As estações de transbordo ou transferência são empregadas para efetuar a transferência dos resíduos de pequenos veículos para outros de grande capacidade carga. Tais estações podem ser classificadas em função do método de carga dos veículos transportadores como: 1) **Carga Direta**: nestes casos os veículos coletores descarregam seu conteúdo imediatamente nos veículos transportadores; e 2) **Carga Armazenada**: nestes casos os veículos coletores descarregam os resíduos em baias de armazenamento, de onde são transferidos para os veículos transportadores, através de equipamentos auxiliares.

Em algumas estações de transbordo podem ser empregadas as duas formas de carga apresentadas previamente. Normalmente tais estações têm outras finalidades, tais como a segregação de materiais para reciclagem, ou são seletoras em função da origem dos resíduos, dando o destino (armazenamento ou carga direta) em função da quantidade e qualidade dos resíduos que chegam à estação.

## 6.4 Processamento e Tratamento de Resíduos

### Segregação

A separação de materiais é essencial para a valorização do “produto” a ser comercializado e podem ocorrer nas diversas etapas de um sistema, podendo ser citadas: 1) Separação na origem; 2) Separação em Instalações de recuperação ou de transferência; 3) Instalações para recuperação de materiais separados na origem; e 4) Instalações recuperação do resíduo misturado.

Uma usina de triagem pode existir independentemente de haver ou não a compostagem, entretanto, a compostagem exige uma triagem prévia do lixo. As usinas de triagem/compostagem oferecem uma maneira de reduzir sensivelmente a quantidade de resíduos enviados ao aterro.

### Reciclagem

O primeiro estágio na conversão de materiais recuperados em materiais reciclados é o transporte a partir da separação em usinas ou outras unidades de triagem, para as instalações de reprocessamento (indústrias). As distâncias envolvidas dependem claramente da posição relativa do sistema integrado e das instalações de reprocessamento, portanto, é necessário local estrategicamente as mesmas para aumentar o potencial de recolhimento dos materiais recuperados. Os principais materiais que têm potencial para reciclagem são: 1) papel e papelão; 2) vidro; 3) metal ferroso; 4) alumínio; 5) plásticos; e 6) têxteis.

Muitos estudos têm sido realizados coletando informações sobre o consumo de energia e emissões (poluição) resultantes da reciclagem de materiais. Em muitos casos o obje-

tivo dos estudos foi comparar os impactos provocados pela exploração da matéria bruta e pela reciclagem. Para a grande maioria de parâmetros ambientais estudados, a reciclagem demonstra ser uma atividade menos impactante que a exploração da matéria virgem.

### Compostagem

Dá-se o nome de compostagem ao processo biológico de decomposição da matéria orgânica contida em restos de origem animal ou vegetal. Este processo tem como resultado final um produto que pode ser aplicado ao solo para melhorar suas características, sem ocasionar riscos ao meio ambiente.

No contexto brasileiro, a compostagem tem grande importância já que cerca de 50% do lixo municipal, em média, é constituído por matéria orgânica biodegradável.

As vantagens da compostagem são: 1) Economia de aterro; 2) Aproveitamento agrícola da matéria orgânica; 3) Reciclagem de nutrientes para o solo; 4) Processo ambientalmente seguro; e 5) Eliminação de patógenos.

O processo de compostagem pode ocorrer por dois métodos: 1) **Método natural:** a) a fração orgânica do lixo é levada para um pátio e disposta em pilhas de formato variável; b) aeração necessária para o desenvolvimento do processo de decomposição biológica é conseguida por revolvimentos periódicos, com o auxílio de equipamento apropriado; c) o tempo para que o processo se complete pode variar de três a quatro meses; 2) **Método acelerado:** a) a aeração é forçada por tubulações perfuradas, sobre as quais se colocam as pilhas, ou em reatores rotatórios, dentro dos quais são colocados os resíduos, avançando no sentido contrário ao da corrente de ar; b) posteriormente, são dispostos em pilhas, como no método natural; c) o tempo de residência no reator é de cerca de quatro dias e o tempo total da compostagem pode variar de dois a três meses.

### Incineração

Incineração é uma das tecnologias térmicas existentes para o tratamento de resíduos, resultando na queima de materiais em alta temperatura (geralmente acima de 900°C), em mistura com uma quantidade apropriada de ar durante um tempo pré-determinado. No caso da incineração dos resíduos sólidos urbanos, compostos orgânicos são reduzidos a seus constituintes minerais, principalmente, dióxido de carbono gasoso, vapor d'água e a sólidos inorgânicos (cinzas).

No Japão o percentual de resíduos urbanos incinerados chega a ser superior a 80%. A impossibilidade de dispor os resíduos em aterros sanitários, em face da escassez de espaço, levou este país a adotar a incineração como alternativa de tratamento, de forma intensiva.

No Brasil, os incineradores em uso têm se restringido às aplicações específicas, tais como resíduos de serviço de saúde e industriais.

As vantagens da incineração dos resíduos são:

1) **Redução drástica do volume a ser descartado:** reduz a necessidade de espaço para aterro; 2) **Redução do impacto ambiental em comparação com o aterro sanitário:** já que os resíduos perigosos existentes são destruídos, e não armazenados; 3) **Destoxificação:** pois a incineração destrói bactérias, vírus e compostos orgânicos, como o tetracloreto de carbono, óleo ascarel e, até, dioxinas; e 4) **Recuperação de energia:** parte da energia consumida pode ser recuperada para geração de vapor ou eletricidade.

As desvantagens da incineração dos resíduos são:

1) **Custo elevado:** a incineração é um dos tratamentos de resíduos que apresenta custos elevados tanto no investimento inicial, quanto no custo operacional; 2) **Exige mão-de-obra qualificada:** é difícil encontrar e manter pessoal bem qualificado para supervisão e operação de incineradores; 3) **Problemas operacionais:** a variabilidade da composição dos resíduos pode resultar em problemas de manuseio de resíduo e operação do incinerador e, também, exigir manutenção mais intensa; e 4) **Limite de emissões de componentes da classe das dioxinas e furanos:** não existe consenso quanto ao limite de emissão dos incineradores.

## 6.5 Disposição Final

### Definição

Os aterros sanitários são instalações projetadas e operadas para a disposição de lixo doméstico, com a finalidade de minimizar impactos ambientais e problemas de saúde pública. As atividades das instalações incluem monitoramento do fluxo de resíduos que entram no aterro, descarga e compactação, além de elementos de monitoramento ambiental. Na Figura 6.5 são ilustradas as diferentes formas de destinação dos resíduos sólidos urbanos.

### Restrições de Áreas

Uma das maiores dificuldades na implementação de um sistema de gerenciamento e disposição de resíduos urbanos está relacionada à escolha de área. Os principais fatores que devem ser considerados na escolha de área são: 1) distância de transporte; 2) restrições de locação; 3) extensão da área; 4) facilidade de acesso; 5) condições do solo e topografia; 6) condições climatológicas; 7) hidrologia de águas superficiais; 8) condições geológicas e hidrogeológicas; 9) distância do meio urbano, e 10) reutilização da área.

### Biogás

O aterro sanitário pode ser definido como um reator bioquímico, em que os resíduos sólidos e a água constituem as principais entradas, enquanto o biogás e o chorume são as principais saídas. Sistemas de drenagem de gases são implementados com o objetivo de

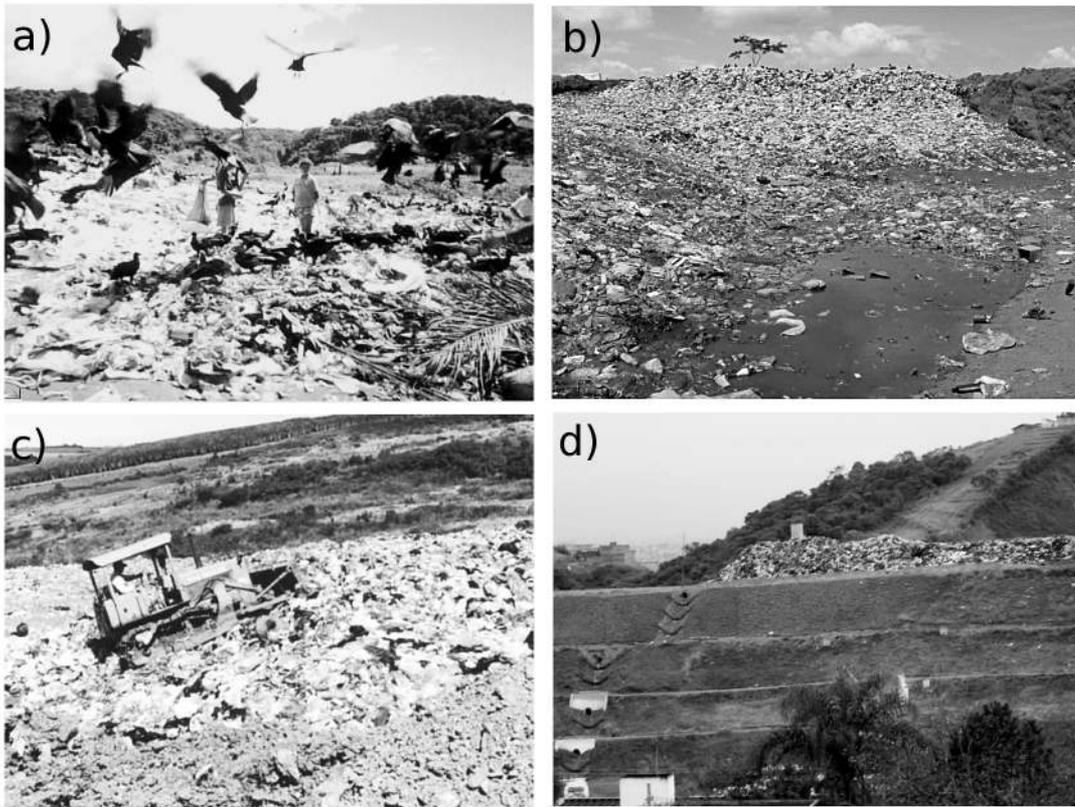


Figura 6.2: Formas de destinação dos Resíduos Sólidos Urbanos: a) Condições inadequadas - lixão; b) condições inadequadas - lixão; c) condições controladas - aterro controlado; e d) aterro sanitário.

Tabela 6.2: *Constituintes típicos, encontrados nos gases de aterros sanitários.*

Componente	Porcentagem (base seca)
Metano	45-60
Dióxido de Carbono	40-60
Nitrogênio	2-5
Oxigênio	0,1-1,0
Sulfetos, dissulfetos, mercaptanas, etc.	0-0,1
Amônia	0,1-1,0
Hidrogênio	0-0,2
Monóxido de Carbono	0-0,2
Outros	0,01-0,6

evitar o movimento diretamente para a atmosfera ou por deslocamento lateral ou vertical através do solo. O gás coletado pelo sistema pode ser aproveitado na geração de energia ou então queimados sob condições controladas com o objetivo de eliminar a descarga atmosférica de constituintes nocivos.

Os principais gases produzidos no aterro, resultam da decomposição da fração orgânica do lixo doméstico, contudo determinados gases tóxicos podem estar presentes em quantidades muito pequenas e podem eventualmente, representar algum risco à saúde. A Tabela 6.2 mostra constituintes típicos do gás gerado em um aterro sanitário.

## Chorume

Chorume é definido como a fase líquida da massa aterrada que percola através desta, removendo materiais dissolvidos ou suspensos. O chorume é composto, predominantemente, pelo líquido que entra na massa aterrada de lixo advindo de fontes externas, tais como sistemas de drenagem superficial, chuva, lençol freático, nascentes e aqueles resultantes da decomposição do lixo.

Quando a água percola através da massa de lixo aterrada, que está em decomposição, material biológico e componentes químicos são carregados pela fase líquida. O chorume resultante deve ser coletado em sistemas específicos e seu projeto envolve: 1) seleção do tipo de sistema de impermeabilização; 2) concepção de redes de drenagem interna; e 3) projeto de instalações para remoção, coleta, armazenamento e tratamento. Atualmente, uma das práticas mais comuns para destinação final do chorume tem sido as estações de tratamento de esgotos domésticos.

## Drenagem Superficial e Cobertura

O controle de águas superficiais, incluindo precipitação, escoamento superficial, córregos não perenes e nascentes têm grande importância, a exemplo do controle necessário ao chorume. A infiltração superficial na camada de cobertura pode ser controlada efetivamente com uso de material de cobertura adequado, declividades superficiais apropriadas e drenagens adequadas.

Após o encerramento da atividade de disposição sobre determinadas áreas, devem ser iniciadas as atividades de fechamento do aterro, com implementação da cobertura final. Os objetivos principais da cobertura final são: 1) minimização da infiltração de água do escoamento superficial; 2) limitar o escape de gases não controlados; 3) eliminar a possibilidade de proliferação de vetores; 4) limitar o risco potencial do aparecimento de fogo, e 5) prover uma superfície adequada para recomposição vegetal.

Para atingir esses objetivos, a cobertura final deve: 1) resistir às condições climáticas extremas; 2) resistir à erosão devido à água e ao vento; 3) ser estável; 4) resistir aos efeitos de recalque diferencial; 5) resistir ao trânsito de equipamentos; 6) resistir a terremotos (se houver possibilidade); 7) resistir às alterações causadas pelos gases, e 8) não romper com o crescimento das raízes da vegetação, e pela ação de animais ou insetos.

## Características Estruturais

Como o material orgânico se decompõe e perde-se massa na forma de gás e chorume, o aterro se acomoda com surgimento de recalques. Esse recalque pode surgir também em função do aumento da sobrecarga representada pelas camadas de lixo adicionadas e pela água que percola. O recalque resulta em rompimento da camada de cobertura e desalinha o sistema de drenagem de gás.

Após sua disposição, os componentes orgânicos do lixo perdem de 30 a 40% da massa inicial. A redução de massa implica na redução de volume que se torna disponível para o preenchimento de lixo mais novo.

A quantificação dos efeitos provocados pelos recalques depende da compactação inicial, das características do material disposto, do grau de decomposição, dos efeitos da consolidação quando água e ar são forçados na compactação, e da altura final. Verificase que cerca de 90% do recalque total ocorre dentro dos primeiros cinco anos.

## Monitoramento

O monitoramento ambiental do aterro é feito visando à preservação da saúde pública e do meio ambiente. O monitoramento pode ser classificado em três categorias: 1) de líquidos e gases em zonas não saturadas; 2) do lençol d'água subterrâneo, e 3) da qualidade do ar.

O monitoramento da zona não saturada de solo é empregado para detectar vazamentos na impermeabilização de base dos aterros. Nessa zona, a umidade contida nos interstícios das partículas do solo ou rocha apresenta pressões pouco abaixo da atmosfera, empregando-se lisímetros com paredes porosas e bombas de sucção para sua remoção.

O monitoramento do lençol freático pode ser feito por intermédio de poços de pequeno diâmetro, localizados a jusante da área (considerada a direção do fluxo de água no lençol). Esses poços podem ter profundidades variáveis, que permitam a verificação do perfil de concentrações do contaminantes.

## Bibliografia Utilizada e Leitura Complementar

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

CORSON, W. H. (Ed.). *Manual global de ecologia*. São Paulo: Augustus, 1993. 397 p.

DAVIS, M. L.; CORNWELL, D. A. *Introduction to environmental engineering*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1991. 822 p.

PINTO, D. M. D. L. ; BALDOCHI, V .M. Z. ; POVINELLI, J. Procedimento para elaboração de resíduo urbano doméstico padrão. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 5, n. 1-2, p. 25-31, 2000.

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. *Integrated solid waste management: engineering principles and management issues*. New York: McGraw-Hill, 1993. 978 p.

WHITE, P. R.; FRANKE, M.; HINDLE, P. *Integrated solid waste management: a lifecycle inventory*. London, UK: Blackie Academic and Professional, 1993. 362 p.

U.S. EPA. *Municipal solid waste in United State: 2000 facts and figures*. Washington: EPA - Report of Office of Solid Waste and Emergency Response, 2002. 177 p.

*Maria Eliza de Sales Amaral Siqueira*<sup>1</sup>

*Fernanda Terra Stori*<sup>2</sup>

### 7.1 Introdução

Nunca se falou tanto sobre as questões ambientais como nos dias atuais: mudanças climáticas, desertificação e degradação dos solos agricultáveis, extinção das espécies e perda da biodiversidade, destruição da camada de ozônio, superpopulação mundial urbana, baixa qualidade da moradia, escassez, mau uso, ausência de saneamento básico, poluição das águas e destinação do lixo; são apenas alguns fatos que estão fazendo a "sociedade globalizada", despertar para os problemas causados pela má administração dos recursos naturais.

Hoje em dia, discute-se que a sustentabilidade planetária deve estar vinculada à promoção de uma gestão participativa e descentralizada dos recursos naturais, considerados pela nossa Constituição Federal de 1988 (Art. 225) como bens de uso comum do povo. Afinal de contas, se os recursos são de todos, todos usam e ninguém paga seus custos ambientais? Atualmente, o uso dos recursos naturais tende a incluir os custos internos de produção como meio de considerar as externalidades geradas nesse sistema, como os danos ambientais: custos de reparação, perdas salariais, doenças decorrentes do impacto de acidentes. Estas externalidades geram conflitos econômicos, sociais e ecológicos, ou seja, geram a tão comentada "privatização dos lucros e socialização dos prejuízos".

Políticas recentes buscam estratégias de gestão de modo a incorporar as externalidades do uso comum dos recursos naturais, como por exemplo, a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433 de 1997), que instituiu a cobrança pelo uso da água e estabeleceu que a gestão deste recurso deve ser feita no âmbito dos Comitês de Bacias Hidrográficas.

De acordo com Fenny et al. (2001), a administração compartilhada dos recursos naturais, ou seja, a regulação estatal com o automanejo pelos usuários é uma opção viável de planejamento local, democracia de base e participação pública na gestão dos bens de uso comum do povo. A Educação Ambiental torna-se, portanto, uma estratégia de educação para a cidadania, estimulando a participação social em prol da promoção da qualidade ambiental em um território.

---

<sup>1</sup>Coordenadora do Projeto "Manchas Orfãs", na Baixada Santista

<sup>2</sup>Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

No âmbito educacional brasileiro, o MEC (1996) publicou os Parâmetros Curriculares Nacionais, considerando que: "...conhecer os problemas ambientais e saber suas conseqüências desastrosas para a vida humana é importante para promover uma atitude de cuidado e atenção a essas questões, valorizar ações preservacionistas e aquelas que proponham a sustentabilidade como princípio para a construção de normas que regulamentem as intervenções econômicas". No entanto, foi apenas 11 anos depois da Constituição Cidadã e 18 anos após a PNMA, que foi decretada a Lei nº 9.795, em 1999, que instituiu a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA).

A PNEA declara que "a Educação Ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal" e define Educação Ambiental como "os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade".

Tais processos de construção de valores podem ser trabalhados nos ambientes formal e não-formal. Entende-se por Educação Ambiental Formal aquela desenvolvida na educação escolar no âmbito dos currículos das instituições de ensino públicas e privadas, englobando a educação básica (educação infantil, ensino fundamental e ensino médio), educação superior, educação especial, educação profissional e a educação de jovens e adultos. Já Educação Ambiental Não-formal, entende-se por ações e práticas educativas voltadas à sensibilização da coletividade sobre as questões ambientais e à sua organização e participação na defesa da qualidade do meio ambiente. Desta forma, incluem-se projetos de divulgação e informação ambiental, sensibilização e conscientização, estímulo à participação dos atores sociais nos processos políticos e trabalhos que estimulem a percepção ambiental, tais como, atividades de ecoturismo e estudos do meio.

Em âmbito federal, a coordenação da PNEA está a cargo de um órgão gestor dirigido pelos Ministros de Estado do Meio Ambiente e da Educação. São atribuições do órgão gestor, definir diretrizes para sua implementação em âmbito nacional; articular, coordenar e supervisionar planos, programas e projetos na área de educação ambiental; e participar na negociação de financiamentos destes planos, programas e projetos. A Diretoria de Educação Ambiental foi instituída no Ministério do Meio Ambiente (MMA) para desenvolver ações a partir das diretrizes definidas pela PNEA. De acordo com a Portaria no. 268 de 26/06/2003, a Diretoria de Educação Ambiental representa o MMA junto ao órgão gestor. A missão da Diretoria é "estimular a ampliação e o aprofundamento da educação ambiental em todos os municípios e setores do país, contribuindo para a construção de territórios sustentáveis e pessoas atuantes e felizes" (MMA, 2006).

O Programa Nacional de Educação Ambiental (ProNEA) é coordenado pelo órgão gestor da PNEA e possui as diretrizes de transversalidade e interdisciplinaridade, fortalecimento dos Sistemas de Ensino e Meio Ambiente, sustentabilidade socioambiental e de democracia, participação e controle social. Quanto às atividades desenvolvidas no âmbito

desta política ambiental, estão a realização das Conferências Nacionais Infanto-Juvenil pelo Meio Ambiente, a implementação de Salas Verdes, Redes de Educação Ambiental e de Coletivos Educadores.

Na Baixada Santista a Educação Ambiental está sendo discutida em fóruns participativos, tais como o do Grupo Setorial de Gerenciamento Costeiro, o do Comitê de Bacias Hidrográficas da Baixada Santista, das Agendas 21 municipais e regionais, Salas Verdes, Coletivo Educador da Baixada Santista e, também, através da Rede de Educação Ambiental da Baixada Santista, que possui um grupo de discussão e informação ambiental na Internet.

Este texto apresenta, neste sentido, uma reflexão sobre a percepção e diagnóstico de problemas ambientais enquanto inseridos num território definido, considerado sob o ponto de vista das relações sociais e que utilizem metodologias participativas de educação ambiental como estratégia para a intervenção e gestão destas questões.

## **7.2 Algumas Notas de Metodologia em Educação Ambiental**

### **Um Olhar Sobre a Percepção Ambiental**

Os trabalhos de Educação Ambiental atuam, de forma geral, no nível da conscientização, sendo a "Percepção Ambiental" um de seus importantes instrumentos, visando a efetiva mudança de comportamento dos sujeitos envolvidos.

De acordo com Tuan (1980) percepção é tanto a resposta dos sentidos aos estímulos externos, como a atividade proposital, na qual certos fenômenos são claramente registrados, enquanto outros retrocedem para a sombra ou são bloqueados. Muito do que percebemos tem valor para nós, para a sobrevivência biológica, e para propiciar algumas satisfações que estão enraizadas na cultura.

A Educação Ambiental pode trabalhar a partir de temas geradores que possibilitem atuar de forma transversal no ambiente escolar, tais como: aquecimento global, água, energia, lixo, biodiversidade, consumo irracional dos recursos naturais, meio ambiente nas cidades, consumo consciente, cidadania, etc.; de forma a estimular sua percepção através dos cinco sentidos do corpo humano, no sentido que a comunidade escolar passe a entender a realidade local, regional e global.

Segundo Sato (2003), não há uma técnica em especial para disseminação de conhecimentos em Educação Ambiental, mas são recomendáveis: a coerência e a boa seleção de materiais didáticos; a promoção da discussão nas salas de aula, debatendo os problemas conflitantes em vez de ignorá-los; o respeito às diversas formas de opiniões aos alunos, centralizando o tema e não a figura do professor; a não neutralidade da Educação, uma vez que não existem pessoas neutras; a promoção de alternativas aos problemas ambientais, discutindo um gerenciamento adequado; o envolvimento da comunidade e experiên-

cias pessoais dos alunos, construindo os conhecimentos no processo ensino-aprendizado; a utilização de jogos, simulações, teatros e outras novas metodologias que auxiliam na familiarização dos estudantes com os problemas ambientais; a promoção de trabalhos de campo, sempre na perspectiva interdisciplinar.

A título de exemplo, que salientamos não dever ser vista não como modelo, mas sugestão que objetiva chamar a atenção para novas descobertas e caminhos, apresentamos sinteticamente a atividade "Avaliação dos Bens e Serviços dos Ecossistemas" (adaptado de Ortiz, 2004). Sua finalidade é estimular a percepção ambiental quanto ao valor dos bens e serviços dos ecossistemas da Baixada Santista e, através desta, identificar prioridades em projetos de Educação Ambiental.

Em 2005, o Programa das Nações Unidas de Meio Ambiente PNUMA, lançou o relatório "Avaliação Ecológica do Milênio" (Millennium Assessment), o qual faz uma análise dos bens e serviços dos ecossistemas responsáveis pelo suporte da vida na Terra. Tal relatório classifica esses bens e serviços em quatro tipologias: 1) serviços de provisão; 2) serviços de regulação; 3) serviços culturais; e 4) serviços de sustentação.

Os **serviços de provisão** são bens e produtos obtidos dos ecossistemas pela natureza e cultura humana, tais como água, alimentos, combustíveis, fibras, madeiras, bioquímicos e recursos genéticos.

Os **serviços de regulação** são benefícios obtidos da regulação de processos nos ecossistemas, tais como a regulação climática e das enfermidades, a purificação da água e do ar, a desintoxicação por bioquímicos.

Os **serviços de cultura** provêm de benefícios não materiais obtidos dos ecossistemas, tais como recreação, turismo, inspiração, educação, espiritualidade, religião, valores históricos e estéticos da região, comunitários e de pertencimento ao local (identidade cultural).

O último, entretanto, os **bens e serviços de sustentação**, são aqueles ofertados pela natureza que mantêm as condições de vida na terra (na biosfera), necessárias à produção de todos os outros serviços dos ecossistemas, tais como a formação de solos, ciclos de nutrientes, polinização, mutação genética natural e a própria teia trófica.

Tais bens e serviços garantem, portanto, a nossa **segurança** (capacidade de viver em um lugar ambientalmente saudável e seguro, e capacidade de reduzir a vulnerabilidade às mudanças nos ecossistemas e às instabilidades sociais); a nossa **base material** (capacidade de acessar recursos para ganhar renda e sustento); a nossa **saúde** (capacidade de estar adequadamente nutrido, livre de enfermidades, de acessar a água potável, de ter ar limpo e de acessar a energia para obter calor e frio); e as nossas **boas relações sociais** (oportunidades para expressar valores estéticos e recreativos associados com os ecossistemas, de expressar valores culturais e espirituais, de observar, estudar e aprender sobre os ecossistemas).

Todas essas oportunidades possibilitadas pela existência dos bens e serviços dos ecossistemas gera a liberdade de escolha e opções das pessoas, ou seja, a responsabilidade que cada um desenvolve pelas escolhas que realiza em escalas diferentes, que variam entre os

interesses pessoais, grupais e coletivos mais amplos e que influenciam no contexto micro e macrosocial (PNUMA, 2005).

Neste sentido, o exercício consiste em escolher pelo menos dois exemplos de cada tipo de bens e serviços ambientais (provisão, regulação e cultura) e avaliar a condição atual em âmbito local, regional ou global (pontuar por grau de qualidade: de 1 a 5; condição péssima a excelente), qual é a tendência futura da condição deste recurso (melhorar, piorar ou manter-se estável), qual é a importância deste bem ou serviço para o bem estar e qualidade de vida (pontuar por grau de importância - de 1 a 5), qual o grau de informação disponível sobre estes (pontuar de 1 a 5) e qual a escala para o alcance avaliação do serviço (local, regional ou global). A partir de exemplos reais, pode-se assim verificar quais são as prioridades para a elaboração de projetos interdisciplinares em Educação Ambiental nas escolas e/ou comunidades.

### **Pesquisa, Ação e Pesquisa Participativa**

Hart et al. (1994) propõem que a pesquisa-ação pode ser elaborada em três níveis: sobre os sujeitos, para os sujeitos e pelos sujeitos de pesquisa. Nesta última abordagem, a pesquisa feita pelos sujeitos de pesquisa é chamada de pesquisa participativa (ou participatória), onde os cidadãos exploram e identificam por si mesmos, questões que modificam seu cotidiano. De acordo com este autor, são características da pesquisa participatória: 1) prover aos participantes oportunidades de autodirecionar melhorias na comunidade; 2) criar condições dos participantes e não só dos pesquisadores, de pensar criticamente sobre inter-relações humanas e institucionais; 3) ser sensível a explicitar valores culturais dos envolvidos; entre outras. Conclui-se que é um tipo de pesquisa que além de ser participativa, é colaborativa e fundamentalmente emancipatória.

Segundo McAllister (1999) *apud* Vieira et al. (2005), a pesquisa participativa "está enraizada nos paradigmas antipositivistas e construtivistas, os quais: 1) reconhecem a existência, o valor e a legitimidade dos diferentes tipos de conhecimento, em particular o conhecimento "popular", "local" e "nativo"; 2) reconhecem que a informação e o conhecimento não estão livres de valores, e que a escolha seletiva da informação ou do conhecimento confere poder a alguns e tira o poder de outros; e 3) reconhecem que o conhecimento e a informação são construídos dentro de um contexto, que não existe somente uma "explicação" ou "teoria" para um dado conjunto de fatos, e que a escolha da teoria é dependente de valores.

Um dos procedimentos utilizados por essas pesquisas é o Diagnóstico Rápido Participativo (DRP), que consiste em um conjunto de orientações etnográficas, que têm como vantagem, obter informações básicas de forma mais ágil e num tempo muito menor do que o levado pelas abordagens tradicionais. Este é recomendado também na forma de pesquisa piloto, porque possibilita a realização de levantamentos qualitativos de problemas, que podem ser abordados quantitativamente em etapas posteriores. É possível aprofundar a relação entre as metodologias quantitativas e qualitativas, buscando não

simplesmente uma complementaridade, mas uma integração de dados quantitativos e qualitativos dentro de um mesmo projeto (Víctora et al., 2000).

As técnicas de DRP constituem-se numa ferramenta objetiva para avaliação comparada de percepções ambientais entre diferentes grupos sociais. Dentre algumas técnicas de DRP estão: Mapa Falado (representação espacial do território), Diagrama de Venn (representação das relações sociais entre atores e seus conflitos), Calendário Sazonal (das atividades pesqueira em diferentes épocas do ano), Diagrama de Fluxos (representação das trocas de dinheiro, matéria e energia na cadeia produtiva pesqueira), Questionários Semi-estruturados e o acompanhamento em Trilhas. Esta metodologia, bastante complexa, necessita de no mínimo um agente interlocutor e dois relatores extremamente observadores da espontaneidade das atitudes humanas e do aparecimento das informações durante a dinâmica (Ferreira-Neto, 2003).

A aplicação de questionários semi-estruturados (Viertler, 2002) aos usuários dos recursos auxiliam na obtenção de dados sócio-econômicos e das questões-chave para o entendimento do processo estudado. Os questionários poderão identificar o nível de participação, responsabilidade e interesse dos envolvidos na gestão local.

No sentido da participação, propomos a produção de projetos que partam de situações ambientais vividas problemas, em que os participantes construam uma agenda de prioridades, transformadas pelo grupo em objetivos, metas e resultados a serem alcançados. Neste processo, é possível levar os indivíduos a se co-responsabilizarem, com a proposta de atingir um novo tipo de desenvolvimento sócio-ambiental.

### 7.3 A Inserção do Espaço Geográfico

Ao refletir sobre a concepção de Educação Ambiental, é importante salientar que sua singularidade é o fato de ser capaz de tomar o espaço da gestão ambiental como lugar de ensino-aprendizagem, propiciando condições à participação individual e coletiva nos processos decisórios sobre o acesso e uso dos recursos ambientais do país. Para que isto aconteça, sugerimos uma forma de encaminhamento do processo educativo, que parta do estudo de problemas e potencialidades ambientais locais.

O problema é aqui entendido como uma situação de dano/risco ambiental e a potencialidade, como o conjunto de atributos de um bioma/ecossistema (recursos pesqueiros, florestais, praias, rios, paisagens, áreas com potencial turístico etc.), passível de uso sustentável por grupos sociais

Neste texto, a perspectiva de estudo sugerida partiria do diagnóstico e estudo de "problemas ambientais", embora seja necessário deixarmos claro que ele se complementa no relacionamento com o trabalho relacionado às "potencialidades ambientais". Trata-se, assim, de organizar espaços pedagógicos voltados à produção e aquisição de conhecimentos, habilidades e atitudes, num processo de análise da realidade sócio-ambiental vivida pelo grupo, partindo de uma situação de problema ambiental.

Enfocando então este ângulo a ser trabalhado em relação ao trato da educação ambiental com processo de gestão os problemas ou questões ambientais (situações de risco ambiental), reconhecemos que se trata de compreendê-los para além de suas dimensões biológicas, químicas e físicas, mas também considerá-los com problemas sócio-políticos, o que exige a formação de uma consciência ambientalista, voltada à preparação para o pleno exercício da cidadania. É aí que a educação ambiental assume sua importância com poderoso instrumento de gestão ambiental.

Como já vimos anteriormente, os produtos resultantes da destruição ambiental (problemas) são visíveis por toda a parte: águas continentais e oceânicas poluídas, buraco na camada protetora de ozônio, aumento na temperatura das áreas centrais da cidade (ilhas de calor) etc. A questão ambiental deve ser compreendida como um produto de intervenção da sociedade sobre a natureza, o que coloca em destaque contradições da produção social do espaço e das suas formas de apropriação.

A problemática ambiental traz à tona, de forma inédita, a dimensão do espaço geográfico e toda a sua complexidade. No equacionamento de soluções para a questão ambiental, o espaço geográfico e a produção social devem ser compreendidos. A preocupação da ciência geográfica em relacionar os assuntos pertinentes ao tema da educação ambiental / sociedade e natureza, fazem dela uma ferramenta muito especial.

A Profa. Arlete Moysés Rodrigues nos auxilia nesta reflexão, quando afirma que o desenvolvimento sustentável "é apenas mais uma expressão vazia de conteúdo se não for tratada como questão política e em que o espaço social seja categoria fundamental de análise (...) implica compreender, antes de tudo, que o conceito de *desenvolvimento sustentável* não pode ser a-espacial. Em qualquer tentativa de pensar o desenvolvimento sustentável é indispensável pensar o espaço"(Rodrigues, 1998: p. 17).

A "sustentabilidade"do desenvolvimento não pode, portanto, prescindir de uma organização espacial que considere o território e a sociedade como um todo. É sob uma ótica eminentemente social de gestão que se deve pautar um desenvolvimento que seja efetivamente sustentável, que pense na organização do espaço sob a ótica das dificuldades e carências da população que nele se refletem, e não apenas em ações meramente pontuais.

Desta maneira, é fundamental contextualizar, em qualquer estudo, as formas pelas quais o meio ambiente tem sido consumido e destruído através dos tempos e nos dias atuais, no sentido de atender exigências da ordem global de reprodução do capital, num processo que cada vez mais se acelera. O que vemos como consequência dos processos econômicos capitalistas contemporâneos, são os inúmeros problemas decorrentes, que colocam em questão elementos básicos da vida: poluição das águas, do ar, do solo, falta de abastecimento de água de qualidade, tratamento de esgoto sanitário deficiente, destino final inadequado de lixo e falta de áreas verdes são alguns deles.

"Nossa postura teórico-metodológicos, leva-nos então a refletir sobre quem produziu e como, o espaço geográfico. (...) Em nossa sociedade dividida em classes sociais, os responsáveis pela degradação ambiental devem ser buscados na relação de cada um destes grupos sociais com a natureza. Vivemos uma sociedade marcada por uma profunda

divisão social do trabalho em nível nacional e internacional, e alguns lhes cabem as decisões e a outros, o cumprimento das mesmas. A propriedade do solo determina as formas que se organizam e que tem nossas cidades. Na lógica de especulação do capitalismo é necessário destruir a natureza para convertê-las em mercadoria"(Lemos, 1994).

Analisando esta situação, Felix Guattari coloca: "O Planeta terra vive um período de intensas modificações técnico-científicas, em contrapartida das quais se engendram fenômenos de desequilíbrios ecológicos, que não remediam, no limite ameaçam a implantação da vida em sua superfície. Paralelamente a tais perturbações, os modos de vida humanos individuais e coletivos, evoluem para uma progressiva deterioração (...)"(Guattari, 1990).

Esses problemas, também denominados de questões ambientais, são por nós compreendidos, com fruto da intervenção do capitalismo industrial e hoje aprofundada pelo estágio atual deste sistema, que negligencia a relação de interdependência existente entre sociedade e natureza.

"Fomos rodeados, nestes último quarenta anos, por mais objetos do que nos precedentes quarenta mil anos, mas sabemos muito pouco sobre o que nos cerca. A natureza tecnicizada acaba por ser uma natureza abstrata, já que as técnicas, no dizer de G. Simondon (1958) insistem em imitá-la e acabam conseguindo"(Santos, 1996).

A necessidade de acumulação capitalista, leva à tendência de estabelecimento de ações, modelos de comportamento e valores, que passam a ser tomados com sinalizadores para as atividades, baseados no consumo de serviços e bens ambientais. Através destas, a relação do homem com a natureza passa a ser cada vez mais distante, dificultada e ignorada, superando a de qualquer outro período da história. Aos objetos técnicos que à natureza se superpõe, unem-se ações movidas também pela ciência e tecnologia. O consumo ditado pelo capitalismo, agora em sua etapa dita "global", direciona assim a vida coletiva e a própria formação dos indivíduos.

Milton Santos nos fala sobre as conseqüências desta situação: "(...) Virtualmente possível, pelo uso adequado de tantos e tão sofisticados recursos técnicos, a percepção é mutilada, quando o "meio ambiente", como natureza-espetáculo, substitui a natureza histórica, lugar de trabalho de todos os homens, e quando a natureza "cibernética" ou "sintética" substitui a natureza analítica do passado, o processo de ocultação do significado da História atinge o seu auge (...)"(Santos, 1996).

Acreditamos que esta crise envolvendo os elementos naturais e seu equilíbrio ecológico, atinge a população como um todo, o que exige pensá-la dentro de uma concepção de desenvolvimento, onde a educação ambiental tenha um papel fundamental. "A grande contradição, com assinala Michael Hough (1998), é que passamos boa parte de nossas vidas em lugares desenhados para encobrir os processos que sustentam a vida, coisa que contribui mais do que qualquer outro fator para o empobrecimento sensorial de nosso entorno (...). As crianças, lembra ele, sabem mais da natureza situada em rincões transoceânicos do que em seus bairros ou cidades (...)"(Yázigi, 2001).

No entanto, lembramos que cada lugar convive com uma ordem econômica domi-

nante, que se impõe, mas também que ainda existe outra, aquela originada das relações do cotidiano e do lugar e que apresentam a possibilidade de responder de formas particulares e diversas aos modelos econômicos dominantes. Acreditamos, portanto, que neste plano, do ambiente local e cotidiano, aquele vivenciado e entendido pelos moradores do lugar, no seu dia a dia, é que pode haver a resistência ao comando absoluto da ordem econômica sobre os processos ambientais. Assim, no lugar e no cotidiano, em um movimento complexo, há a possibilidade de atuar pela melhoria e defesa da qualidade ambiental.

Michel de Certau, discorrendo sobre os processos do cotidiano dos lugares, afirma: "Essas *maneiras de fazer* constituem as mil práticas pelas quais os usuários se reapropriam do espaço, organizado pelas técnicas da produção sócio-cultural (...) Esses modos de proceder e essas astúcias de consumidores compõem, no limite, a rede de uma antidiplina (...)"(De Certau, 1994).

A partir destas reflexões e com base nelas, sempre adotando o método de produção do conhecimento como movimento, sugerimos levar o pensamento dos estudantes a transitar entre o abstrato e o concreto, a forma e o conteúdo, o imediato e o mediato, entre o simples e o complexo, ou seja, da observação dos ecossistemas da Baixada Santista à sua compreensão sistêmica e fatores de degradação, na perspectiva da construção da autonomia intelectual e ética. Desta forma, há a possibilidade da apropriação de importantes conceitos, que constituirão o alicerce da sua formação para a participação na gestão do meio ambiente.

"(...) Num mundo assim feito, não cabe a revolta contra as coisas, mas a vontade de entendê-las, para poder transformá-las. (...) o que se impõe é conhecer bem a anatomia desses objetos e daquilo que eles, juntos, formam o espaço"(Santos, 1996: p. 109).

Acreditamos não ser possível mais assumir de forma romântica simplesmente a defesa preservacionista, já que a questão é mais ampla, tornando-se necessário um repensar político, econômico social e ideológico. Os desafios são, no entanto enormes, envolvendo a busca de formas mais racionais e diversas de utilização dos recursos naturais, novas formas de pensar os atributos econômicos, culturais e políticos e assumir novos estilos de vida. A sociedade necessita aprender a conhecer o suficiente a respeito do meio ambiente para ser capaz de participar das decisões relacionadas à sua gestão. Neste sentido, cremos que as crianças e jovens (e as pessoas em geral), assim como nos ensina Paulo Freire, quanto mais refletem sobre a realidade e sua situação ambiental concreta, mais emergem, plenamente conscientes e comprometidos, prontos a intervir na realidade para mudá-la.

## Bibliografia Utilizada e Leitura Complementar

BRASIL. Lei nº 9.795 de 27 de setembro de 1999. Institui a Política Nacional de Educação Ambiental. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 abr. 1999.*

BRASIL. Constituição (1988). Brasília, DF. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/sf/legislacao/const/> . Acesso em: 26 de fevereiro de 2008.

BRASIL. Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Institui a Política Nacional de Meio Ambiente e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 02 set. 1981.*

BRASIL. Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 09 jan. 1997*

BRASIL. Ministério da Educação. *Parâmetros curriculares nacionais*. Brasília, 1996. Mimeografado.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Diretoria de Educação Ambiental. Disponível em: [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br). Acesso em: 11 de dezembro de 2006.

FERREIRA NETO, P. S. *Curso de diagnóstico rural participativo*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Ecológicas, 2003.

GUATTARI, F. *As três ecologias*. São Paulo: Papyrus, 1990. 56 p.

HART, P.; TAYLOR, M. ; ROBOTOM, I. Dilemmas of Participatory Enquiry: a case study of method in action. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, v. 19, n. 3 p. 201-214, 1994.

LEMOS, A. I. G. Dimensão ambiental da urbanização latino-americana. *Revista do Departamento de Geografia, FFLCH, USP*, n. 8, 1994. p. 79-84 ORTIZ, M. G. A. Caderno do projeto de fortalecimento da gestão participativa da APA da Serra da Mantiqueira, Brasil. Brasília: IBAMA / FNMA / Fundação Matutu, 2004.

RODRIGUES, A. M. *Produção e consumo do e no espaço: problemática ambiental urbana*. São Paulo: HUCITEC, 1998. 239 p.

SANTOS, Milton. *Metamorfoses do espaço habitado*. São Paulo: HUCITEC, 1996. 136 p.

SATO, M. *Educação ambiental*. São Carlos: RIMA, 2003. 66 p.

TUAN, Y. *Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente*. Tradução de Livia de Oliveira. São Paulo: DIFEL, 1980. 288 p.

UNITED NATIONS. Millennium Ecosystem Assessment. Disponível em: <http://www.maweb.org/en/index.aspx>. Acesso em: 26 de fevereiro de 2008

VIEIRA, P. F., BERKES, F.; SEIXAS, C. S. *Gestão Integrada e Participativa de recursos naturais: conceitos, métodos e experiências*. Florianópolis: SECCO / APED, 2005. 415 p.

VIERTLER, R. V. Métodos antropológicos como ferramenta para estudos em Etnobiologia e Etnoecologia. In: AMOROZO, M. C. M.; Lin Chau Ming; SILVA, S. M. P. (Orgs.). *Seminário de Etnobiologia e Etnoecologia do Sudeste, 1., 2001, Rio Claro. Métodos de coleta e análise de dados em etnobiologia, etnoecologia e disciplinas correlatas. Anais ... Rio Claro: UNESP/CNPQ, 2002. p. 11-29*

YÁZIGI, Eduardo. *A alma do lugar: turismo, planejamento e cotidiano*. São Paulo: Contexto, 2001. 304 p.

*Fernanda Terra Stori*<sup>1</sup>

*Maria Eliza de Sales Amaral Siqueira*<sup>2</sup>

## 8.1 Introdução

A Zona Costeira, considerada Patrimônio Nacional pela Constituição Federal Brasileira de 1988 (Art. 225, § 4), possui forte apelo turístico devido aos seus belos atributos paisagísticos. Para Tuan (1980), não é difícil entender a forte atração que as orlas marinhas exercem sobre os seres humanos: "...suas reentrâncias sugerem segurança, enquanto o horizonte aberto para o mar sugere aventura... A praia é banhada pelo brilho direto e refletido da luz do sol, porém a areia cede à pressão, penetrando entre os dedos do pé e a água recebe e ampara o corpo".

De igual maneira, as praias da Baixada Santista são intensamente procuradas por turistas e o crescimento do setor é facilitado pela melhoria das condições de infra-estrutura e acesso a esses locais. De acordo com dados disponibilizados pela concessionária administradora do Sistema Rodoviário Anchieta-Imigrantes, estas rodovias apresentam um movimento anual superior a 30 milhões de veículos, constituindo-se no principal corredor de exportação da América Latina e, nos finais de semana e feriados, é para centenas de milhares de pessoas o caminho para o lazer e para as praias do Litoral Paulista (ECOVIAS, 2006).

Entretanto, a forte expansão do turismo baseado no modelo voltado ao veraneio e segundas-residências, acarretou uma série de impactos socioambientais, uma vez que a extrapolação da capacidade de suporte desses balneários gerou colapsos no sistema urbano-costeiro, levando à poluição das praias, danos à saúde das pessoas, elevada geração de lixo, déficits no sistema de abastecimento de água, expropriação das populações locais, processo de "favelização", dentre outros.

Desta maneira, uma das alternativas que se apresenta à questão acima, é a promoção de práticas de Ecoturismo nos ecossistemas costeiros desta região (praias, restingas, rios, manguezais e Mata Atlântica), com o propósito de elevar a consciência socioambiental dos visitantes com atividades de Educação Ambiental, o que poderia contribuir para a promoção de uma gestão democrática e sustentável da Baixada Santista.

---

<sup>1</sup>Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

<sup>2</sup>Coordenadora do Projeto "Manchas Orfãs", na Baixada Santista

## 8.2 O Desenvolvimento Sustentável e o Turismo

Há pouco mais de 60 anos que o mundo começou a discutir as relações ecossistêmicas complexas entre os meios bióticos, abióticos e culturais e seus fluxos de energia, matéria e informação que formam a nossa “teia da vida”. Ao longo deste tempo, seguidos acidentes ambientais trouxeram a necessidade de se administrar os recursos naturais de forma sustentável.

O conceito de Desenvolvimento Sustentável surge após a divulgação da questão ambiental provocada pelo modo capitalista de produzir. Ele é conseqüência de inúmeros debates sobre a degradação ambiental que se iniciaram na década de 1960 e que ganharam impulso na década de 1970. Já durante a Primeira Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano em Estocolmo (1972), a Educação Ambiental foi indicada para conduzir a essa nova visão de desenvolvimento.

O conceito de “Desenvolvimento Sustentável” foi divulgado mundialmente em 1987, no Relatório “Nosso Futuro Comum”, da Comissão sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas ou Comissão Brundtland, criada na Assembléia Geral da ONU: “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades”. Ele contém dois conceitos-chave: o conceito de “necessidades”, sobretudo aquelas essenciais dos pobres do mundo que deveriam receber a máxima prioridade e das limitações que o estágio da tecnologia e organização social impõe ao meio ambiente (CMMAD, 1991).

Procurando refletir sobre a proposta de Desenvolvimento Sustentável, consideramos que ela traz avanços sob o aspecto de não separar o desenvolvimento econômico da proteção ambiental e da questão social. No entanto, a ele podemos fazer também inúmeras críticas, julgando importante salientar que tal conceito só pode ser assim entendido, se considerar o equilíbrio das relações entre sociedade e natureza.

Neste novo contexto de desenvolvimento ao qual atualmente tentamos nos inserir, o turismo deveria ser concebido como um setor estratégico na estrutura sócio-econômica do país. No entanto, para que esta atividade se mantenha em longo prazo, deveria haver planejamento para uma gestão turística sustentável.

O crescimento do turismo ao longo dos últimos cinquenta anos constitui-se num dos mais notáveis do nosso tempo. De acordo com a Organização Mundial do Turismo das Nações Unidas (United Nations World Tourism Organization, 2006), os desembarques internacionais passaram de 25 milhões em 1950, para 808 milhões em 2005, e a receita do turismo mundial cresceu 11%, mesmo sem considerar os ganhos diretos com passagens aéreas. Ao considerar a venda de bilhetes, a receita de 2005 passou de 800 bilhões de dólares no mundo todo. O turismo hoje representa 25% das exportações de serviços, chegando até 40% caso os ganhos aéreos sejam considerados.

O recém publicado Plano Nacional de Turismo 2007-2010 (BRASIL, 2007) valoriza 65 destinos na busca de aumentar a quantidade de viagens internas. Em 2005 foram 139,5 milhões de viagens internas e a meta é chegar a 217 milhões em 2010. O Orçamento

Geral da União prevê investimentos de aproximadamente R\$ 984 milhões na promoção interna/externa e R\$ 5,6 bilhões em infra-estrutura, prometendo reduzir as desigualdades regionais através da geração de emprego e renda.

Apesar de estimular a prática do Ecoturismo, o Ministério do Turismo ainda possui uma visão desenvolvimentista a respeito do turismo de modo geral, considerando que este “se constitui em um importante setor para alavancar o crescimento econômico, como atividade considerada capaz de traduzir a imensa riqueza natural, étnica e cultural do Brasil, bem como pela capacidade empreendedora de um efetivo instrumento de geração de emprego e renda, o qual contribui para melhoria da qualidade de vida e inclusão social” (EMBRATUR, 2005).

Embora a forte expansão do turismo seja vista com otimismo, os impactos sociais, culturais e ecológicos necessitam ser planejados através de políticas adequadas de desenvolvimento. “Não pode haver justificativa para a dilapidação irremediável dos locais turísticos, para a sobreexploração dos recursos naturais, para a redução da biodiversidade, para a deteriorização dos monumentos históricos, para a incontável exploração dos trabalhadores, para o declínio da produção cultural e artesanal, para o enfraquecimento dos valores morais e para a exploração infantil” (United Nations World Tourism Organization, 2006).

A massificação do turismo leva à extrapolação dos limites de capacidade de suporte do território visitado. Pires (2002) elenca um conjunto de fatos gerados pela massificação do turismo: Expropriação e ocupação violenta do território por parte das forças e agentes turísticos; Especulação imobiliária e da terra; Expulsão e marginalização das populações locais; Ruptura dos valores culturais e desequilíbrio da economia local; Degradação de culturas tradicionais; Manipulação da memória e da herança coletiva; Violação de lugares sagrados; Segregação étnica; Formação de “guetos” turísticos; Desvios de comportamento e prostituição de mulheres/adolescentes; Comportamento grosseiro e insensível de turistas nos destinos estrangeiros; Poluição e destruição do meio natural; Imperialismo econômico de corporações transnacionais; neo-colonialismo; e evasão das divisas para o exterior.

O turismo na Zona Costeira foi citado pela UNESCO (1997) dentre as seis necessidades prioritárias a serem administradas pelo programa “Meio Ambiente e Desenvolvimento em Regiões Costeiras e em Pequenas Ilhas”.

Neste sentido, o relatório “O Brasil e o Mar no Século XXI”, da Comissão Nacional Independente sobre os Oceanos (1998), aponta que a intensificação do turismo de massa na Zona Costeira acarreta em efeitos sociais negativos, tais como: a escassez de moradias e a especulação imobiliária; a elevação dos preços de bens de consumo; restrições de acesso a praias e locais de lazer; bem como, prejuízos econômicos a comunidades de pescadores ou extrativistas que dependam da exploração dos recursos naturais para o seu sustento. Ainda, de acordo esse relatório, os impactos mais evidentes sobre o meio ambiente provocados pela ocupação excessivamente rápida e desordenada da Zona Costeira, são: a destruição de ecossistemas, desmatamentos e ameaças à biodiversidade terrestre

e marinha; a elevação dos níveis da poluição provocada pelo lançamento de rejeitos sólidos e líquidos no solo, nos cursos e corpos d'água e no mar; a degradação do litoral pela intensa retirada de areia dos manguezais e da vegetação, como também pela erosão terrestre/marina e destruição de paisagens; e a redução na disponibilidade de água doce em função do aumento da demanda, com utilização excessiva das reservas d'água no subsolo e subterrânea, além do rebaixamento do lençol freático.

É neste panorama de inúmeros problemas causados pelo crescimento turístico pautado apenas pela lucratividade de alguns setores e desrespeito à sociedade e ambiente como um todo, que se nos apresenta, ao final do século XX, o chamado "Turismo Ambiental" ou "Turismo Sustentável", voltado à proteção da natureza. Trata-se então de atividade ligada à "problemática ambiental", que por ser considerada planetária e global, passa a ocupar plano de destaque no meio científico, chamando a atenção de setores políticos, empresariais e populares. Swarbrooke (2000) lembra que o debate sobre Turismo Sustentável é um fenômeno dos anos 90, mas suas origens repousam no conceito mais amplo de Desenvolvimento Sustentável.

O Turismo Sustentável foi definido por Pearce & Tuner (1990) como "aquele que pretende maximizar e otimizar a distribuição dos benefícios do desenvolvimento econômico, baseado no estabelecimento e na consolidação das condições de segurança sob as quais se manterão os serviços turísticos, a fim de que os recursos naturais sejam mantidos, restaurados e melhorados dentro de um futuro previsível". Vemos, portanto, que o conceito de sustentabilidade está ligado a três fatos importantes: qualidade, continuidade e equilíbrio.

O Comitê Econômico e Social da Comunidade Européia (1990) considera que o turismo e a política regional não podem ser abordados de forma isolada, pois a atividade turística envolve autoridades e setores de atividade a nível local e regional, tanto os diretamente ligados ao turismo (p. ex., hotéis, restaurantes, bares, etc.), bem como os relacionados a ele de forma indireta, como é o caso do comércio, da indústria artesanal, da agricultura, entre outros. Desta forma, verifica-se a importância de integrar o planejamento do turismo ao desenvolvimento do território como um todo, bem como, naturalmente, às políticas federais, estaduais, municipais e locais, com vistas ao desenvolvimento sustentável.

A partir de 2003, o Ministério do Turismo assume os esforços para implementar a Política Nacional do Turismo "em parceria com a sociedade brasileira, especialmente com todos aqueles organismos públicos, privados e não governamentais que possuem interfaces com o setor", e ainda em "potencializar os atrativos turísticos dos diversos segmentos, transformando-os em produtos para a comercialização, de sorte que fortaleça e amplie o turismo interno" (EMBRATUR, 2005).

Observa-se, portanto, a predominância de uma visão apenas com vista ao crescimento econômico do setor turístico no Brasil, sendo que as preocupações ambientais continuam relegadas a um segundo plano. Enquanto aguardamos uma maior integração entre governo e sociedade, para a elaboração de uma política que oriente um desenvolvimento

sustentável do setor, as atividades degradantes e irreversíveis do turismo de massa na Zona Costeira continuam sendo livremente praticadas. Se o turismo fosse planejado com enfoque territorial, os impactos negativos do turismo na Zona Costeira poderiam ser minimizados.

Martins (2000) sugere a participação efetiva das comunidades costeiras nos planos de desenvolvimento turístico, as quais “através de seus conhecimentos tradicionais, podem fornecer os meios necessários para a manutenção dos atrativos naturais e culturais (e turísticos) locais, enquanto elementos de sustentabilidade dos projetos voltados para a área em questão evitariam os impactos negativos das atuais formas de ocupação anárquica e degradante praticadas”.

Faz-se necessário, portanto, um planejamento que busque o equilíbrio entre os benefícios do turismo e a manutenção da integridade sócio-ecológica local, de modo a estabelecer níveis de sustentabilidade ambiental nas dimensões propostas por Sachs (2003), ou seja, em âmbito social, cultural, ecológica, territorial, econômica e de política nacional e externa.

### **8.3 O Ecoturismo como Instrumento de Sustentabilidade Ambiental**

O turismo é considerado hoje, como uma forma de pagar pela conservação da natureza e de valorizar áreas que ainda permanecem naturais. “De que forma os dólares dos turistas podem reverter para a conservação e torná-la auto-sustentável ou como o valor não monetário que as pessoas atribuem às regiões naturais pode ser quantificado, são questões centrais de um novo ramo da economia verde: o do desenvolvimento sustentável” (Western, 2002).

Becker (1996) reforça a existência desta nova tendência, ressaltando que “(...) há outro elemento nesta mudança do modo de produzir, ligado ao próprio modo de produzir a crise ambiental, que é a questão da mudança de significado da natureza. A natureza hoje muda de significado, neste contexto, deixa de ter significados antigos como dotação de recursos ou como capital de realização atual ou de realização futura.”

Com a enorme popularidade dos documentários televisivos sobre a natureza e sobre viagens, e com o interesse crescente em questões ligadas à conservação e ao meio ambiente, o Ecoturismo passou a ser verdadeiramente um fenômeno característico do final do século XX. Parte integrante do Turismo Sustentável “o Ecoturismo passa a ser amplamente difundido e relacionado à conscientização ambiental. A Ecoturism Society define Ecoturismo como a “viagem responsável às áreas naturais, visando preservar o meio ambiente e promover o bem estar da população local” (Western, 2002).

No Brasil, seguindo esta mesma linha de entendimento, o Grupo de Trabalho Interministerial em Ecoturismo, que reuniu em 1994 o Ministério da Indústria, Comércio e Turismo, o Ministério do Meio Ambiente e colaboradores, chegou à seguinte conceitua-

ção: “Ecoturismo é um segmento da atividade turística que utiliza, de forma sustentável, o patrimônio natural e cultural, incentiva sua conservação, e busca a formação de uma consciência ambientalista através da interpretação do ambiente, promovendo o bem estar das populações envolvidas” (EMBRATUR, 1994).

Desta forma, enfatizamos que o Ecoturismo não consiste apenas em responsabilidade para com o meio natural, mas também em responsabilidade social para com o meio no qual se insere. “Uma política justa e sensata, e uma economia equilibrada, devem ter como meta fazer dos moradores locais sócios e beneficiários da conservação, e não seus inimigos implacáveis” (Western, 2002).

Pires (2002) identificou 60 denominações relacionadas às categorias de turismo alternativo: turismo ambiental, turismo ecológico, turismo rural, turismo sustentável, turismo participativo, turismo responsável, turismo suave ou brando, turismo cultural, etc. Segundo este autor o Ecoturismo, particularmente, compreende: 1) Viagens recreativas, responsáveis por áreas de significativo valor natural, com a finalidade de apreciar, desfrutar e fundamentalmente entender tanto os problemas ambientais no sentido físico, quanto os valores culturais que encerram; 2) Apoio à conservação ambiental com o uso sustentável dos recursos; 3) Participação das populações locais para obtenção máxima de benefícios econômicos do turismo, usando os recursos de maneira racional; 4) Minimização de possíveis impactos físicos e culturais que essa atividade possa gerar; e 5) Educação ambiental visando a formação, aprofundamento da consciência ecológica e respeito aos valores, tanto para a comunidade anfitriã, quanto para os turistas.

Identificados tais méritos, o Ecoturismo passa a ser reconhecido como instrumento viável de utilização sustentável do meio natural e de valorização das culturas autóctones, sendo aceito e proposto como alternativa ao desenvolvimento de regiões periféricas e em desenvolvimento do mundo, inicialmente por parte de organismos conservacionistas com atuação mundial (IUCN, WWF, CI e CN) e, num segundo momento, pelos governantes dos países (Pires, 2002). De modo a contribuir à promoção do Ecoturismo, Pires (2002) lembra as diferenças conceituais entre “Desenvolvimento” e “Conservação” expostos pela União Internacional de Conservação da Natureza (IUCN) no documento “Estratégia Mundial para a Conservação”, de 1980: “Enquanto o desenvolvimento econômico procura alcançar as finalidades do homem, antes de tudo, através da utilização da biosfera, a conservação procura atingi-las por meio da manutenção da referida utilização”.

Face à previsão de que o Turismo Internacional quase triplicará o seu volume nos próximos vinte anos, o Código Mundial de Ética do Turismo foi reconhecido em 2001 pelo Conselho Econômico e Social das Nações Unidas, com o intuito de ajudar a minimizar os efeitos negativos do turismo no meio ambiente e no patrimônio cultural, aumentando simultaneamente, os benefícios para os residentes nos destinos turísticos (United Nations World Tourism Organization, 2005). Este código é composto por 10 artigos que determinam princípios éticos para o planejamento do turismo mundial. Dentre os princípios propostos, destacam-se:

- 1) O turismo, atividade geralmente associada ao repouso, à diversão, ao desporto, ao acesso à cultura e à natureza, deve ser concebido e praticado como meio privilegiado de desenvolvimento individual e coletivo. Praticado com a necessária abertura de espírito, constitui-se em um fator insubstituível de auto-educação, de tolerância mútua e de aprendizagem das diferenças legítimas entre povos e culturas, e sua diversidade;
- 2) É dever de todos os agentes envolvidos no desenvolvimento turístico salvaguardar o ambiente e os recursos naturais, na perspectiva de um crescimento econômico sadio, contínuo e sustentável, capaz de satisfazer eqüitativamente as necessidades e as aspirações das gerações presentes e futuras;
- 3) O turismo de natureza e o Ecoturismo são reconhecidos como formas de turismo especialmente enriquecedoras e valorizadoras, sempre que respeitem o patrimônio natural, as populações locais e se ajustem à capacidade de carga dos locais turísticos;
- 4) A atividade turística deve ser concebida de forma a permitir a sobrevivência e o desenvolvimento de produções culturais e artesanais tradicionais, bem como do folclore, e que não provoque a sua padronização e empobrecimento, e,
- 5) Uma particular atenção deve ser dada aos problemas específicos das Zonas Costeiras e aos territórios insulares, bem como às zonas rurais e serranas, frágeis, onde o turismo representa, muitas vezes, uma das raras oportunidades de desenvolvimento face ao declínio das tradicionais atividades econômicas.

No âmbito da Baixada Santista, sugere-se que o turismo seja planejado de forma a se adequar às atividades sócio-econômicas e conciliar a conservação dos recursos naturais marinho-costeiros às previsões de crescimento deste setor. Deste modo, o Ecoturismo, desde que praticado dentro da capacidade de suporte de cada localidade, pode sinalizar para uma nova forma de utilizar os bens e serviços oferecidos pelos ecossistemas costeiros, bem como de valorizar a cultura e o contexto histórico destas localidades, atuando como uma importante estratégia de Educação Ambiental.

## **8.4 O Ecoturismo como Estratégia de Educação Ambiental**

Percebemos que a cada dia que passa o ser humano busca o retorno ao “paraíso perdido”. Neste sentido, Unidades de Conservação, instituídas pela Lei nº 9.985/00, têm sido amplamente utilizadas como espaço ao Ecoturismo, de forma a conciliar o uso sustentável dos recursos naturais com a preservação da biodiversidade. Lembramos que o Ecoturismo deve ter como princípios orientadores a informação e interpretação ambiental, o envolvimento e reversão de benefícios para a comunidade local, e a conservação dos bens naturais e culturais.

O Ecoturismo é uma atividade que permite o contato do homem com a natureza de forma a levá-lo a compreender os ecossistemas que mantêm a vida, apresentando-se como “potencialidade ambiental” para a educação, na medida que trabalha com um conjunto de atributos de um bioma/ecossistema – recursos florestais, rios, paisagens – através do uso sustentável por grupos sociais. Assim, como a educação ambiental quando inserida nas atividades de Ecoturismo é de extrema importância para a proteção do meio ambiente, consideramos o Ecoturismo como o veículo da educação ambiental, podendo ser utilizado como instrumento de sensibilização e aquisição de conhecimentos ecológicos.

Lembramos que a Conferência Intergovernamental de Tbilisi, em 1977, conceituou Educação Ambiental como “um processo de reconhecimento de valores e clarificação de conceitos, objetivando o desenvolvimento das habilidades e modificando as atitudes em relação ao meio, para entender e apreciar as inter-relações entre os seres humanos, suas culturas e seus meios biofísicos. A Educação Ambiental também está relacionada com a prática das tomadas de decisões e ética, que conduzem para a melhoria da qualidade de vida”.

Acreditamos que a utilização do Ecoturismo enquanto instrumento potencial de Educação Ambiental, deva caminhar não apenas no sentido de trabalhar com a observação do meio ecológico, mas também, relacioná-lo com informações e conceitos a partir da contemplação e interação com a paisagem. A “interpretação ambiental”, cujo objetivo básico é revelar os significados, relações ou fenômenos naturais por intermédio de experiências práticas e meios interpretativos, é instrumento pedagógico provocativo e formativo, no sentido de contribuir para o fortalecimento de uma nova postura perante o meio ambiente, ao invés da simples comunicação de dados e fatos.

Consideramos que a realidade (coisas, processos) somente é conhecida, na medida em que é reproduzida no pensamento, quando adquire significado. No entanto, essa realidade não se revela de forma integral, por si mesma, mas apenas por meio da observação imediata e aparente. É preciso desvendá-la. Para que sejam realmente conhecidos, os fenômenos devem ser identificados, analisados e interpretados, no sentido da compreensão das relações, conexões, estruturas internas, relações entre a parte, o todo e as finalidades, que podem não estar visíveis em um primeiro olhar.

Dentre as estratégias que podem ser utilizadas para se realizar a interpretação ambiental, podemos apresentar como a de maior efeito aquela orientada por pessoa capaz de provocar, perceber e otimizar as interações dos visitantes com o ambiente. Existem, no entanto, vários outros instrumentos, cuja escolha depende da situação apresentada, das características do local, do trabalho que se objetiva e dos visitantes. Podem ser utilizadas por exemplo, publicações interpretativas – roteiros dos lugares visitados que contém informações correlacionadas de forma que, além de despertar a curiosidade e atentar para o valor dos bens ambientais observados, permitam também o seu entendimento.

Parte significativa das Unidades de Conservação que atendem a objetivos educacionais, recreativos e científicos dispõem de folhetos que contém roteiros interpretativos, havendo, também, aquelas que possuem trilhas interpretativas – caminhos planejados

para fins de interpretação, muitos com placas e painéis – objetos que auxiliam a interação com o ambiente, trazendo desde uma simples sinalização de orientação até textos, figuras, mapas, fotografias e documentos.

Assim, experiências de sensibilização e interpretação ambiental realizadas em ecossistemas diversos, podem contribuir para o desenvolvimento de uma consciência sobre a necessidade da manutenção do equilíbrio ambiental e garantia da qualidade de vida. No entanto, o trabalho pode crescer na medida em que sejam estabelecidas relações entre os ecossistemas estudados, visando um maior equilíbrio com a realidade urbana.

Embora todos estes componentes já estejam no mundo, é preciso aprender a interpretá-los. Não basta somente ver, é preciso compreender. Uma formação educativa integral constitui-se num processo contínuo de construção e reconstrução, de ação e reflexão sobre a realidade, superando uma visão fragmentada do mundo.

Tomando a concepção de Educação Ambiental, segundo a Política Nacional de Educação Ambiental, lembramos que ela é composta por “processos pelos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade” (Lei nº 9.795/1999). A educação, vista sob este ângulo, assume a singularidade de integrar-se ao processo de gestão ambiental, na medida em que deve propiciar condições à participação individual e coletiva nos processos decisórios sobre o acesso e uso dos recursos ambientais do país, de forma a garantir o preceito constitucional que consagra: “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

A análise de uma realidade ambiental, partindo da interpretação de áreas em que as relações ambientais ainda tem certo equilíbrio (p. ex., as Unidades de Conservação já apresentadas e seu relacionamento com questões sócio-ambientais), pode levar à construção do conhecimento da realidade e à esperança de uma intervenção sobre sua gestão turística sustentável.

## **8.5 Conclusões**

A expansão do turismo na Zona Costeira Brasileira acarretou uma série de impactos socioambientais irreversíveis, instituídos pelo tradicional modelo turístico adotado ao longo dos anos. Uma vez que o setor turístico evidencia uma nítida expansão, faz-se urgente instituir políticas integradas de turismo sustentável.

Na Baixada Santista o turismo deve ser planejado em acordo com as atividades sócio-econômicas locais e conciliado à conservação dos ecossistemas marinho-costeiros. Neste sentido, o Ecoturismo, desde que praticado dentro da capacidade de suporte de cada localidade, pautava uma nova forma de utilizar os bens e serviços ofertados pelos ecossistemas,

bem como valorizar a cultura local, elevando a consciência socioambiental dos visitantes e atuando como uma importante estratégia de Educação Ambiental.

Para que o turismo se mantenha com qualidade em longo prazo, sugerimos, assim, um planejamento que considere o território integralmente, almejando o equilíbrio entre os benefícios econômicos do turismo e a integridade sócio-ecológica local, em conjunto com os princípios de sustentabilidade social, cultural, ecológica, territorial e econômica.

## Bibliografia Utilizada e Leitura Complementar

BRASIL. Lei nº 9.795 de 27 de setembro de 1999. Institui a Política Nacional de Educação Ambiental. Brasília, DF. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9795.htm). Acesso em: 26 de fevereiro de 2008.

BRASIL. Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação e dá outras providências. Brasília, DF. Disponível em: [http://ftp.mct.gov.br/legis/leis/9985\\_2000.htm](http://ftp.mct.gov.br/legis/leis/9985_2000.htm). Acesso em: 26 de fevereiro de 2008.

BRASIL. Ministério do Turismo. *Plano Nacional de Turismo 2007/2010: uma viagem de inclusão*. Brasília, DF, 2007. Disponível em: [http://www.turismo.ufjf.br/pnt\\_2007\\_2010.pdf](http://www.turismo.ufjf.br/pnt_2007_2010.pdf). Acesso em: 26 de fevereiro de 2008.

BECKER, Berta. *Políticas e planejamento do turismo no Brasil*. In: YÁZIGI, E. Abdo; CARLOS, A. F. A. ; CRUZ, R. C. A. (Org.). *Turismo: espaço, paisagem e cultura*. São Paulo: HUCITEC, 1996. p. 181-192

COMISSÃO Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. *Nosso futuro comum*. Rio de Janeiro: Ed. FGV, 1991. 430 p.

COMISSÃO Nacional Independente Sobre os Oceanos. *O Brasil e o mar no século XXI: relatório aos tomadores de decisão do país*. Rio de Janeiro, 1998. 408 p.

COMITÊ Econômico e Social – Comunidades Européias. *Turismo e desenvolvimento regional: parecer de iniciativa e relatório do Comitê Econômico e Social – Comunidades Européias*. Bruxelas, 1990. 68 p.

ECOVIAS. *Sistema Anchieta - Imigrantes*. São Paulo. Disponível em: [http://ecovias.terra.com.br/sist\\_anch\\_img.asp](http://ecovias.terra.com.br/sist_anch_img.asp) Acesso em: 26 de fevereiro de 2008.

EMBRATUR. *Diretrizes para uma política nacional de ecoturismo*. Brasília, DF, 1994.

EMBRATUR. Disponível em <http://institucional.turismo.gov.br/portalmtur/opencms/institucional/estrutura/embratur.html>. Acesso em: 26 de fevereiro de 2008.

MARTINS, E. C. *Turismo e impactos socioambientais na Praia do Francês – Al*. 2000. 195 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2000.

PEARCE, D. H. ; TURNER, R. K. *Economics of natural resources and the environment*. Baltimore: The John Hopkins University Press, 1990. 378 p.

PIRES, P. S. *Dimensões do ecoturismo*. São Paulo : Editora SENAC, 2002. 272 p.

SACHS, I. Development thinking in the age of environment: wise use of nature for the good society. In: VIEIRA, P. F. (Org.) *Conservação da diversidade biológica e cultural em zonas costeiras: enfoques e experiências na América Latina e no Caribe*. Florianópolis: APED, 2003. p. 38-46.

SWARBROOKE, J. *Turismo sustentável: conceitos e impacto ambiental*. São Paulo: Aleph, 2000. 114 p. v. 1

TUAN, Y. *Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente*. Tradução de Lívia de Oliveira. São Paulo: DIFEL, 1980. 288 p.

UNESCO on Coastal Regions and Small Islands: Titles for management, research and capacity-building (1980-1995). Paris: UNESCO, 1997. 21 p. CSI Info n. 2

UNITED NATIONS. World Tourism Organization. Código Mundial de Ética do Turismo. Disponível em: [www.world-tourism.org/code\\_ethics/eng.html](http://www.world-tourism.org/code_ethics/eng.html) . Acesso em: 26 de fevereiro de 2008.

UNITED NATIONS WORLD TOURISM ORGANIZATION. 2006. UNWTO NEWS: Continuing resilience under pressure, Challenges and opportunities. Committed to Tourism, Travel and the Millenium Development Goals. Magazine of the World Tourism Organization, Year XX, Issue 3/2006. Disponível em: <http://www.unwto.org/index.php>. Acesso em: dezembro de 2006.

WESTERN, D. Como definir o ecoturismo. In: LINDBERG, K. ; HAWKINS, D. E. (Orgs.). *Ecoturismo: um guia para planejamento e gestão*. 4. ed. São Paulo: Editora SENAC, 2002. p. 13-22.

*Antonio Cezar Leal*<sup>1</sup>  
*Núria Morral Nadal*<sup>2</sup>

## 9.1 Introdução

No início do verão, no hemisfério sul, o vento úmido anuncia a chegada das chuvas, trazendo gratuitamente a água que é originária de fontes muitas vezes distantes. Tudo isto sem a necessidade de captação, bombeamento, derivações ou transposições, que são muitas vezes obras necessárias ao abastecimento da população, embora caras e polêmicas.

A água constitui o maior bem comum à vida no Planeta Terra e, portanto, deve estar acessível a todos os seres humanos, mesmo para aqueles que não podem pagar por ela, devido a sua importância na saúde, qualidade ambiental e qualidade de vida. Constatase, porém, a degradação da água por ação humana, a exemplo do desmatamento que acentua a erosão dos solos e o assoreamento dos cursos d'água, o lançamento de lixo e esgoto sem tratamento nos rios e a mercantilização da água.

A água é fundamental à sustentabilidade do desenvolvimento. Antes ignorada em muitos planos governamentais ou privados, elaborados com base na crença de sua inesgotabilidade e renovabilidade, a água ainda hoje não é suficientemente considerada um fator decisivo no planejamento territorial e ambiental. Existem poucos dados e informações sobre sua quantidade, qualidade e dinâmica, tanto local como regionalmente.

No planejamento é imperioso considerar se há água suficiente para atender às necessidades humanas e garantir a vida animal e vegetal. Desta forma serão evitados conflitos como entre a agricultura irrigada para exportação e proteção dos cerrados, ou entre distritos industriais e a degradação de rios que recebem efluentes, lançados sem considerações sobre sua capacidade de suporte. Nesses casos, o bom senso, a ética e o respeito à vida devem se sobrepor aos interesses econômicos nacionais ou transnacionais. Assim, conseguir sustentabilidade, igualdade e governabilidade democrática na gestão das águas é um dos grandes desafios da comunidade internacional no Século XXI.

O desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz as necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras em satisfazer suas próprias necessidades (CMMAD, 1988). Para assumir esse desafio é preciso mudanças radicais

---

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), Campus de Presidente Prudente.

<sup>2</sup>Coordenadora da ONG Projeto Rios - Catalunha (Espanha).

nas nossas escalas de valores, em nossos princípios éticos, em nossa concepção da natureza e em nossas vidas, o que pode ser reconhecida como a Nova Cultura da Água.

A mudança conceitual que emerge da adoção da Nova Cultura da Água é que a garantia de abastecimento das demandas antrópicas (urbano, industrial, irrigação, etc.) deve ser feita de modo compatível com a conservação dos valores ambientais. Para isso se requer examinar a possibilidade com que os recursos atuais poderão abastecer as demandas presentes e futuras, sem comprometimento da saúde dos ecossistemas.

Estevan & Prat (2006) sinalizam que essa nova cultura se define de forma muito sintética como aquela que permite um sistema de gestão sustentável dos recursos disponíveis, de maneira que se satisfaçam as necessidades da população (urbanas, industriais, agrícolas), sem degradar os ecossistemas aquáticos. Os autores destacam que mais do que um conjunto de medidas técnicas, a Nova Cultura de Água implica em mudanças na filosofia de quem governa, de quem gerencia a água e de quem a usa. Sem essa mudança cultural não terá êxito nenhum conjunto de medidas técnicas destinadas a ganhar recursos ou diminuir o consumo de água.

Devemos assumir uma visão holística e reconhecer as múltiplas dimensões de valores éticos, ambientais, sociais, econômicos, políticos e emocionais integrados nos ecossistemas aquáticos. Tomando como base o princípio universal do respeito à vida, os rios, os lagos, as fontes, os terrenos úmidos e os aquíferos devem ser considerados como Patrimônio da Biosfera e devem ser administrados pelas comunidades e instituições públicas para se garantir uma gestão equitativa e sustentável (Declaração Européia por uma Nova Cultura da Água, Madri, 18/02/2005).

Na nova cultura é preciso compreender plenamente o ciclo da água, no tempo e espaço, em diferentes escalas. Respeitá-lo e conservá-lo constituem desafios para a ciência e sociedade, estabelecendo-se novas relações inter sociedade e desta com a natureza, novos conhecimentos e linguagem. Também é preciso alterar as prioridades governamentais, aplicar instrumentos de gestão e consolidar o sistema de gerenciamento participativo, descentralizado e integrado da água, especialmente pelos Comitês de Bacias Hidrográficas.

Como não podemos fazer chover no dia, hora e quantidade que atenda às agendas e demandas antrópica, social e política, o bom senso recomenda a gestão eficiente e eficaz da água, aproveitando a água das chuvas, disciplinando e controlando sua oferta e demanda para as atividades humanas, com respeito aos ecossistemas e vazão ecológica dos rios.

O estresse hídrico já é permanente em muitos pontos do planeta, com vários focos de conflito entre povos e países, prevendo-se guerras neste século pelo controle da água doce. O domínio do território, entretanto, não é a única forma de acesso à água, como no caso da exploração e degradação de águas nos países periféricos para gerar produtos agrícolas ou industrializados que são exportados para países centrais, em um processo recentemente denominado de transposição de água "virtual".

No Brasil há regiões metropolitanas com sérios problemas de estresse hídrico, o que

demanda ações efetivas do poder público e da sociedade para evitar seu agravamento, com destaque à implantação do saneamento básico, revitalização dos rios e controle da exploração de água subterrânea. Mas também é preciso combater o desperdício de água provocado inconscientemente em nossa vida cotidiana, por exemplo, no uso do esguicho na limpeza doméstica e pelas grandes perdas nos sistemas de abastecimento de água.

Há muitos desafios a serem enfrentados em relação à proteção da água, a exemplo da necessidade de aprofundamento de pesquisas para ter mais informações e evitar prejuízos ambientais, sociais e econômicos.

Na gestão das águas todos têm papel relevante e a participação deve ter qualidade, compromisso e seriedade, evitando-se o domínio de grupos ou pessoas com poder econômico e/ou político. O respeito à cidadania e à democracia constitui um dos pilares da nova gestão, podendo ser consolidado com uma Educação Ambiental permanente e contínua em todos os setores da sociedade, com especial destaque para a formação e capacitação permanente de professores, gestores e agentes ambientais.

Incentivar a participação social na gestão da água e sua mobilização para a proteção das águas é o desafio e o tema central deste artigo.

## 9.2 Pressupostos Básicos para a Gestão Participativa das Águas

A gestão das águas, preconizada na Lei Federal nº 9.433/97 e Lei Estadual Paulista nº 7.663/91, está inserida em um quadro recente de mudanças na sociedade, com o reconhecimento da água como um bem precioso, de valor inestimável, essencial a todas as formas de vida e fundamental às atividades humanas e ao desenvolvimento sustentável.

Esta transformação cultural é motivada pela crise ambiental, que provoca a redução da disponibilidade hídrica, tanto em quantidade como em qualidade, ao mesmo tempo em que se verifica um aumento da demanda para os múltiplos usos antrópicos. Portanto, fica cada vez mais evidente que a degradação das águas constitui um dos mais graves impactos ambientais deste século.

Como exemplo, pode-se citar que alguns dos problemas ambientais que acontecem nos rios por uso excessivo, são a abusiva exploração que provoca problemas de erosão, contaminação (preocupante situação da qualidade das águas) e ocupação das zonas inundáveis, com a fragmentação das margens e desnaturalização dos rios e matas ciliares. Esses são alguns dos problemas que afetam diretamente os ecossistemas aquáticos.

A atitude social é um fator chave, embora outros problemas mereçam destaque nos últimos anos como a ausência de visão global da bacia, a falta de valoração dos rios ou a perda da identidade territorial e a ausência de percepção de "sócio-ecossistema". Ainda se concebem os rios de forma parcial, à margem da atividade humana, como um sistema alheio ao homem.

Nesta perspectiva, as novas políticas e sistemas de gerenciamento de recursos hídricos constituem oportunidades de intervenção na sociedade, visando a construção de novas relações sociedade-natureza, superação da crise hídrico-ambiental, garantia de sustentabilidade do desenvolvimento e a compatibilização do uso e ocupação do solo com a conservação das águas nas bacias hidrográficas (Leal, 2000).

A consolidação destas novas cultura e forma de gestão, conseqüentemente, impõe mudanças importantes. Como afirma Dorfman (1993), "só teremos uma boa gestão dos recursos hídricos uma vez estabelecidos os paradigmas de uma sociedade de desenvolvimento sócio-econômico equilibrado, o que só se consegue na prática democrática".

A esse respeito Rodriguez (2005), explicita como requisitos básicos para a formação de uma sociedade local sustentável: Participação, Autonomia, Equidade e Igualdade, Identidade Sócio-Cultural e Compatibilidade Ambiental. Desses requisitos, destaca-se a Participação, definida pelo autor como a "capacidade do cidadão comum, das comunidades e dos grupos sociais para se envolver e influenciar nos processos de tomada de decisões".

Para este autor, a participação é: a) formar parte (sentimento de participação); b) ter parte (ou seja, desempenhar um papel); e c) fazer parte (ou seja, decidir). As comunidades envolvidas devem ter capacidade de tomar decisões baseadas em seus desejos e possibilidades (Empoderamento) e de influenciar diretamente nos processos de negociação para a tomada de decisões. Nesse contexto, a gestão das águas deve permitir diferentes formas de participação social e garantir o espaço político para o embate e a interação de idéias e posições de forças diversas.

O gerenciamento de recursos hídricos pode ser definido como "a forma pela qual se busca equacionar e resolver as questões de escassez relativa da água", constituindo uma "função ampla que exige conhecimento profundo da hidrologia regional, coordenação institucional e um aparato jurídico adequado"(Campos & Vieira, 1993). Os autores sintetizam que, em essência, significa "conhecer os recursos hídricos, usá-los com sabedoria e regulamentar os seus usos para evitar e solucionar conflitos".

Para Coimbra et al. (1999), considerando-se os postulados da Conferência da Água, em Dublin (1992), e as conclusões da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, no Rio de Janeiro (2002), no mesmo ano, constituem princípios fundamentais para o gerenciamento de recursos hídricos, entre outros: 1) o acesso aos recursos hídricos deve ser um direito de todos; 2) a água deve ser considerada um bem econômico; 3) a bacia hidrográfica deve ser adotada como unidade de planejamento; 4) a disponibilidade da água deve ser distribuída segundo critérios sociais, econômicos e ambientais; e 5) deve haver a presença de um órgão central normativo de um sistema de planejamento e controle.

Um desafio para a gestão dos recursos hídricos consiste na compreensão das inter-relações entre os limites e áreas das bacias hidrográficas e dos territórios municipais e estaduais, já que muitos impactos ambientais sobre as águas originam-se da inadequação das ações gerenciais sobre territórios em que os cursos d'água são considerados apenas como limites administrativos.

Sobre esta questão, Tundisi (2003) destaca que o "conceito de bacia hidrográfica aplicado ao planejamento de recursos hídricos estende as barreiras políticas tradicionais (municípios, estados, países) para uma unidade física de gerenciamento, planejamento e desenvolvimento econômico-social". Para o autor a adoção da bacia hidrográfica permite um "processo descentralizado de conservação e proteção ambiental, sendo um estímulo para a integração da comunidade e a integração institucional".

É importante ressaltar a importância da participação dos municípios na gestão das águas, tendo em vista que se trata de um dos entes federados e com competência legal para atuar sobre questões ambientais, de forma complementar ou suplementar à União e Estados. O município que realizar uma adequada gestão de seu território, embasado em princípios de sustentabilidade e cuidado com o meio ambiente, contribuirá de forma efetiva para o cuidado com as águas e sua gestão.

Tendo em vista que os municípios são unidades administrativas governamentais politicamente autônomas, no que diz respeito às questões de interesse local, e que compartilham com os Estados e a União a responsabilidade pela defesa e preservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado, CEPAM (1991) destaca o papel do município na gestão ambiental, por meio da elaboração de políticas e sistemas municipais de meio ambiente.

Na gestão das águas todos têm papel relevante e a participação deve ter qualidade, compromisso e seriedade, evitando-se o domínio de grupos ou pessoas com poder econômico e/ou político. Setti et al. (1999) destacam que a participação individual é a etapa inicial para que a sociedade passe a integrar o processo decisório de gerenciamento de recursos hídricos. Entretanto, sinalizam vários tópicos que servem como pontos de referência para postura e participação do cidadão: "conscientização, defesa da ordem jurídica, educação, valorização de profissionais especializados, participação político-comunitária e encaminhamento de denúncias".

O respeito à cidadania e democracia constitui um dos pilares da nova gestão e pode ser consolidado com o oferecimento de Educação Ambiental permanente e contínua em todos os setores da sociedade, com especial destaque à formação e capacitação permanente de professores, gestores e agentes ambientais.

## 9.3 Gestão das Águas no Estado de São Paulo

A gestão das águas no Estado de São Paulo está consubstanciada na Lei no. 7.663/91, que regulamenta o Artigo 205 da Constituição Estadual. Com esta lei o Estado passou a contar com normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos, bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Na Constituição Estadual de 1989 há uma seção específica sobre os recursos hídricos estabelecendo vários princípios, os quais foram incorporados à Lei nº 7.663/91. Entre esses estão: a instituição de um sistema integrado de gerenciamento dos recursos hídricos,

congregando órgãos estaduais, municipais e a sociedade civil, em um processo de gestão descentralizada, participativa e integrada em relação aos demais recursos naturais e às peculiaridades das bacias hidrográficas; a atribuição do Estado assegurar meios financeiros e institucionais para a utilização racional das águas superficiais e subterrâneas; e o aproveitamento múltiplo das águas e sua proteção contra ações que possam comprometer seu uso atual e futuro.

A nova lei das águas paulista, concordando com Rocha (1997), representa, "no plano das idéias, uma contraposição ao modo vigente de apropriação e uso das águas, tal como praticado desde a industrialização e urbanização do Estado, há mais de meio século". Sua implantação e consolidação constituem desafio e oportunidade para todos que lutam em prol das águas. Desafio pelo compromisso que exige no aprendizado coletivo da nova gestão. E oportunidade em construir práticas e instrumentos que efetivamente revertam o quadro de degradação hídrico-ambiental.

A aprovação da Lei nº 7.663/91 constituiu um importante passo para a democratização da gestão das águas paulistas e representou uma etapa da caminhada desenvolvida por diversos agentes e órgãos de Estado e de entidades da sociedade para se implantar um sistema de gestão sistêmico-representativo, fortemente marcado e sustentado por três princípios: descentralização, participação e integração.

A descentralização efetiva-se na nova divisão do Estado em unidades de gerenciamento de recursos hídricos, nas quais se instalaram Comitês de bacias que atendem as normas e orientações desta lei.

A participação está garantida na composição tripartite e paritária dos colegiados de decisão, nas diversas instâncias do Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. Esses colegiados são compostos por representantes do Estado, Municípios e da Sociedade Civil.

A integração deve ocorrer entre os usuários, o poder público e as entidades civis que atuam ou se interessem pela gestão dos recursos hídricos. A integração também deve ser buscada na gestão das águas superficiais . subterrâneas, da quantidade . qualidade das águas e das UGRHIs . território estadual . bacias hidrográficas compartilhadas (com outros estados ou países).

A política hídrica paulista também se baseia em três fundamentos, formando um tripé que representa, de acordo com SP-SMA-SRHSO (1997), um processo contínuo e interativo de funcionamento: 1) o processo de decisão está delegado às instâncias colegiadas; 2) o planejamento dos recursos hídricos deve ocorrer em diferentes níveis; e 3) na existência de um fundo financeiro (Figura 9.1).

Os Colegiados compõem o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, possuindo representantes de órgãos e entidades do estado, dos municípios e da sociedade civil. As instâncias principais são o Conselho Estadual de Recursos Hídricos e os Comitês de Bacias Hidrográficas, que possuem poder deliberativo.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos estabelece as diretrizes gerais, em nível estadual e inter-regional, para a utilização e conservação dos recursos hídricos do Estado,

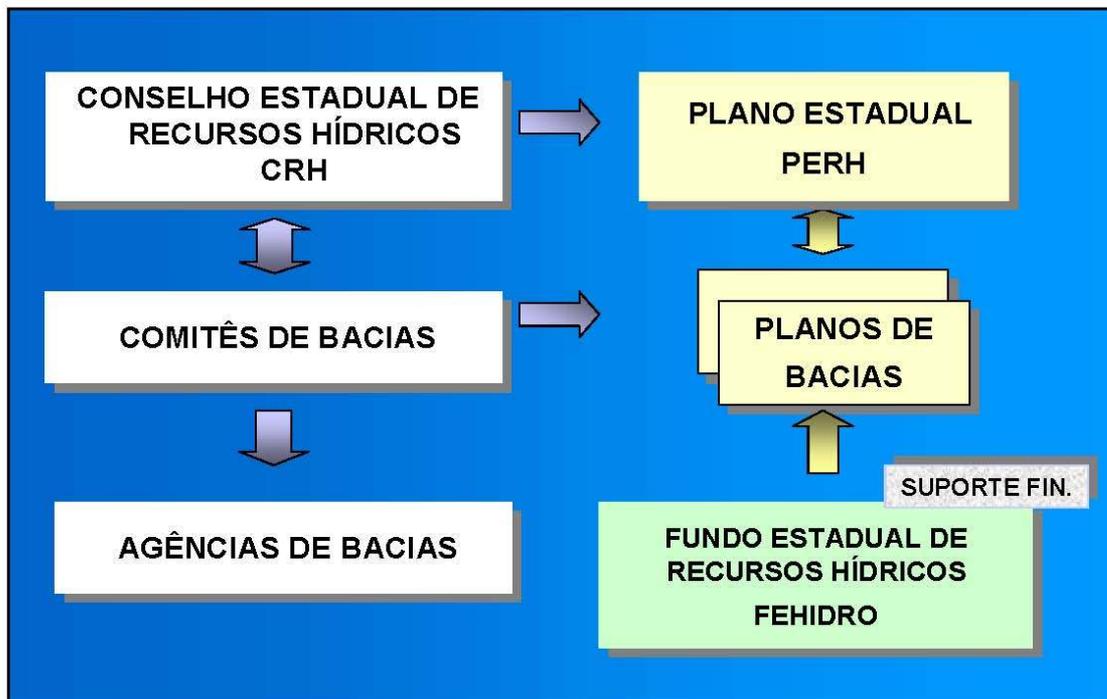


Figura 9.1: Funcionamento do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. *Fonte: Assis (2004)*

sendo elaborado por processo de planejamento interativo com base nos planos de bacias hidrográficas aprovados nos Comitês, e coordenado pelo Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos (CORHI). Trata-se do principal instrumento para a gestão das águas e deve resultar de um processo de planejamento participativo e integrado, envolvendo diferentes instâncias deliberativas e técnicas do SIGRH.

O Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO) é o braço financeiro do sistema, dando suporte à execução da Política Estadual de Recursos Hídricos, ao desenvolvimento do Plano Estadual de Recursos Hídricos e dos Planos de Bacias Hidrográficas, bem como assegurando recursos para o custeio e funcionamento do sistema de gerenciamento.

A Lei nº 10.020/98 autorizou o Poder Executivo Estadual a participar da constituição de Agências de Bacias Hidrográficas dirigidas aos corpos de água superficiais e subterâneos de domínio do Estado de São Paulo. A implantação dessas agências deve ocorrer nas bacias hidrográficas em situação crítica e com potencial de arrecadação de recursos financeiros oriundos da cobrança pelo uso das águas, que permitam e justifiquem sua implantação, por decisão do respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica e aprovação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Como atribuições das Agências de Bacias, essa lei estabeleceu, entre outras: efetuar estudos e planos sobre as águas das bacias, em articula-

ção com órgãos do Estado e municípios, incluindo o plano de recursos hídricos da bacia e os relatórios anuais sobre a Situação dos Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas; proporcionar apoio financeiro aos planos, programas, serviços e obras aprovados pelo Comitê de Bacia, a serem executados; gerenciar os recursos financeiros gerados pela cobrança pela utilização das águas estaduais das bacias; e exercer, progressivamente, muitas atividades atualmente desenvolvidas pelas secretarias executivas dos Comitês de bacias.

Ao longo dos últimos 15 anos, desde o início de sua implantação, o Sistema Paulista já propiciou muitos resultados positivos, dentre os quais Thame (2002) destaca o "funcionamento de 21 comitês, compostos de forma tripartite com representantes do estado, dos municípios e da sociedade civil organizada, envolvendo mais de 5.000 pessoas" e a existência do FEHIDRO que "em tão pouco tempo, já se constitui em alternativa viável ao financiamento de obras e ações vitais para a melhoria da qualidade dos recursos hídricos, financiando não só sistemas de tratamento de esgotos, como também obras e serviços de drenagem urbana, combate à erosão e melhoria de sistemas de abastecimento de água potável. Tem ainda financiado programas na área de Educação Ambiental, com enfoque para o uso racional dos recursos hídricos."

Entre esses resultados é importante destacar os Comitês de Bacias Hidrográficas, como uma das instâncias fundamentais para a descentralização e ampla participação social no sistema de gestão paulista.

## 9.4 O Parlamento das Águas

Os Comitês de Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo foram constituídos por meio de amplo processo nacional e estadual de abertura política e democratização da participação social nas decisões governamentais que influenciam diretamente a vida da população. Assim, a exemplo dos colegiados existentes em outros setores, seja na Educação, Saúde, Meio Ambiente, etc., foi fundamental descentralizar e democratizar a gestão das águas.

De acordo com Rocha (1997), os "agentes públicos que participaram mais ativamente como animadores desse processo de organização sempre se valeram, nas reuniões e discussões, de uma idéia-força sobre os comitês de bacia: o parlamento da água". Thame (2002) destaca que os fundamentos do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos de São Paulo constituem-se em "extraordinário avanço, em relação aos padrões existentes na administração pública. Conseguem-se consolidar a passagem de uma democracia representativa, onde o poder é exercido pelos representantes do povo, para uma democracia participativa, em que os diversos setores da sociedade civil organizada passam a ter direito não apenas a discutir, mas também a definir as soluções dos problemas que lhe são afetos". Os Comitês Paulistas constituem colegiados democráticos, com funções deliberativas e consultivas, composição tripartite/paritária, contando com representantes dos municípios (normalmente os prefeitos), do Estado (órgãos públicos estaduais com atua-

ção na UGRHI) e Sociedade Civil (o segmento mais heterogêneo do sistema de gestão).

A Lei nº 7.663/91 estabelece que os Comitês de Bacias Hidrográficas, terão atuação em unidades hidrográficas estabelecidas pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos, exercendo as competências estabelecidas no artigo 26, entre as quais: aprovar o Plano de Bacia Hidrográfica, para integrar o Plano Estadual de Recursos Hídricos; aprovar a proposta de programas anuais e plurianuais de aplicação de recursos financeiros em serviços e obras de interesse para o gerenciamento da água; promover entendimentos, cooperação e eventual conciliação entre os usuários dos recursos hídricos; promover estudos, divulgação e debates, dos programas prioritários de serviços e obras a serem realizados no interesse da coletividade.

O funcionamento dos Comitês é hierárquico-democrático, tendo a plenária como instância máxima para a tomada de decisões, pelo voto dos representantes titulares, ou seus suplentes. O número de representantes dos segmentos é variável entre os comitês, mas sempre se mantém a paridade. A definição do número de representantes titulares e suplentes de cada segmento pode ser feita considerando-se, por exemplo, o número de órgãos do Estado com representação em cada UGRHI. Na seqüência, os municípios e a sociedade civil definem suas vagas e representantes com números iguais ao do Estado. Essa definição também pode ocorrer tendo o número de municípios como fator determinante.

A estrutura organizacional dos comitês é composta por plenária, presidência, vice-presidência e secretaria executiva. São constituídas câmaras técnicas e grupos de estudos, sempre se mantendo a formação tripartite e paritária, para operacionalizar ações e assessorar a Secretaria Executiva e a Plenária.

Os cargos diretivos geralmente são escolhidos entre os membros de cada segmento. A prática mais comum é que o segmento Estado eleja a secretaria executiva, o segmento municípios escolha o presidente (prefeito) e o segmento sociedade civil eleja o vice-presidente.

Na avaliação dos dez anos do SIGRH, de acordo com FUNDAP (2002) apud SP-SMA-CPLEA (2004), foram apontados vários aspectos importantes para se garantir maior e melhor participação e representatividade no sistema, entre os quais: "envolver no SIGRH outros órgãos do Estado, especialmente a Secretaria de Educação; realizar periodicamente oficinas e seminários temáticos para um maior envolvimento; promover maior articulação entre o SIGRH e o sistema federal; promover a melhoria da relação entre representantes e representados nos CBH; e apresentar os documentos gerados pelos colegiados em formato e linguagem acessível". Também se apontou que os comitês devem ser ouvidos e respeitados, quando da realização de obras em seu território e que possam causar impactos na bacia.

Os comitês têm como finalidade básica cuidar das águas do Estado de forma a conservá-las para as gerações atuais e futuras, garantindo-se água para múltiplos usos, vazão ecológica e minimização de conflitos, constituindo-se no embrião de uma nova forma democrática de gestão dos recursos públicos e do próprio Estado, visando a sustentabilidade do desenvolvimento regional e estadual.

## 9.5 Educação Ambiental como Instrumento para Melhorar a Gestão das Águas

Os Comitês de Bacias Hidrográficas, considerando os objetivos e princípios da política estadual de recursos hídricos, têm adotado a educação ambiental como um importante instrumento para a gestão deste recurso, visando garantir que os princípios de descentralização, participação e integração sejam amplamente divulgados à população e exercitados pelos membros dos comitês. Por sua vez, valorizada pelo Parlamento das Águas, a educação ambiental passa a constituir um dos principais focos de atuação dos comitês, tendo como resultado maior visibilidade e reconhecimento político e social do sistema de gestão de recursos hídricos.

A Educação Ambiental deve ser entendida como a ferramenta básica para uma mudança de atitudes, que abastecem de forma igual e transversal em todos e cada um dos âmbitos. Não se pode classificar a Educação Ambiental como uma disciplina, nem compartimentar os problemas segundo sua origem, mas compreendendo-os a partir de uma abordagem holística e sistêmica. A Educação Ambiental enfrenta o desafio, não só de resolver os problemas, mas de implicar à cidadania na construção de um novo modelo de sociedade.

O objetivo da Educação Ambiental deve ser promover uma nova relação da sociedade humana com seu ambiente, com o fim de promover às gerações atuais e futuras um desenvolvimento pessoal e coletivo mais justo, equitativo e sustentável, que possa garantir a conservação do meio físico e biológico em que estão inseridas e que as sustentam.

A Educação Ambiental é, antes de tudo, Educação para a Ação. Atua ampliando nossos conhecimentos e consciência sobre os impactos da atividade humana sobre o meio, mas com o objetivo último de melhorar nossas capacidades para contribuir à solução dos problemas gerados. Em 1987 foi estabelecido no Congresso Internacional de Educação e Formação sobre Médio Ambiente, em Moscou, que a educação ambiental é um "processo permanente no qual os indivíduos e as comunidades adquirem consciência de seu meio e aprendem os conhecimentos, os valores, as destrezas, a experiência e também a determinação que lhes capacite para atuar, individual e coletivamente, na resolução dos problemas ambientais presentes e futuros"(Morral, 2005).

Nas atividades educativas há que se considerar e aplicar diferentes tipologias e técnicas para mobilizar e incentivar a participação social. Morral (2005) sinaliza várias tipologias que podem garantir níveis crescentes de envolvimento e compromisso com as causas ambientais em foco nos trabalhos educativos (Figura 9.2).

Essas experiências devem ser educativas e enriquecedoras, criando espaços de reflexão e debate. Devem implicar em atuações reais e concretas, estimulando processos de clarificação de valores, de adoção de decisões negociadas e de resolução de conflitos. Somente quem conhece o meio ambiente pode entendê-lo, protegê-lo e querer contribuir para sua melhoria, como ilustra a Figura (9.3)

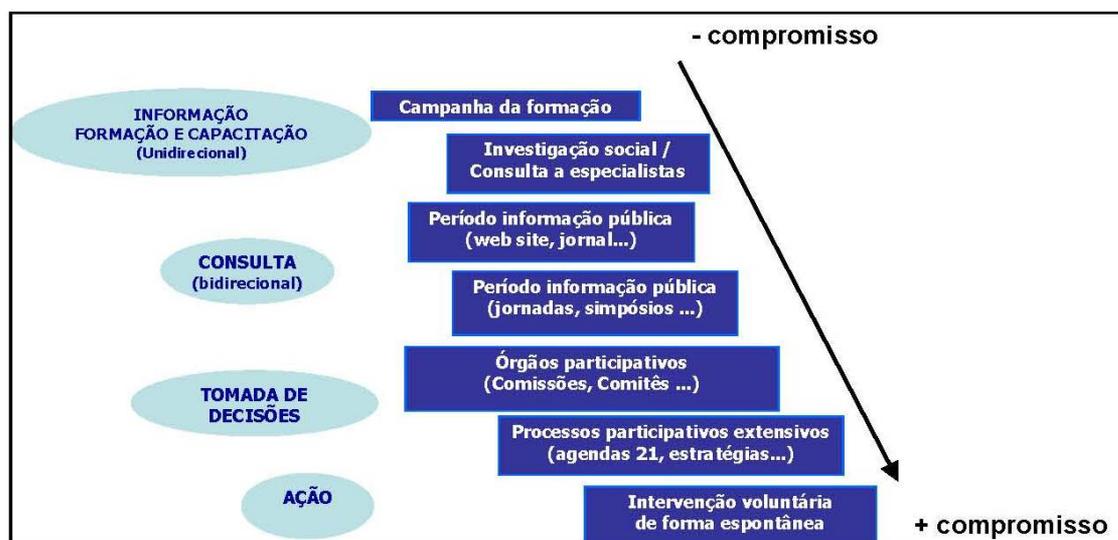


Figura 9.2: Tipologias participativas como ferramentas para a Educação Ambiental. *Fonte: Morral (2005)*

Como desafios para a Educação Ambiental podem ser mencionados:  $\bar{T}$  facilitar, desde uma aproximação global e interdisciplinar, a compreensão das complexas interações entre as sociedades e o ambiente. Assim, através de um melhor conhecimento dos processos ecológicos, econômicos, sociais e culturais, subsidiar a análise crítica dos problemas sócio-ambientais e sua relação com os modelos de gestão e as ações humanas;

fomentar o compromisso para contribuir com a mudança social, cultural e econômica, a partir do desenvolvimento de um amplo leque de valores, atitudes e habilidades, permitindo a cada pessoa formar critérios próprios, assumir sua responsabilidade e desempenhar um papel construtivo;

desenvolver concorrências para a ação, capacitando não só para a ação individual mas também para a coletiva, especialmente nos processos de planejamento, tomada de decisões, busca de alternativas e de melhoria do ambiente. A Educação Ambiental tem propiciado a mobilização de comunidades, autoridades, funcionários públicos e privados, professores, estudantes, moradores e, principalmente, membros de Comitês de Bacias Hidrográficas para a proteção das águas nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) do Estado de São Paulo. Neste contexto, embora muito ainda tenha que ser feito, pode-se registrar que um longo caminho vem sendo construído no sistema de gestão das águas.

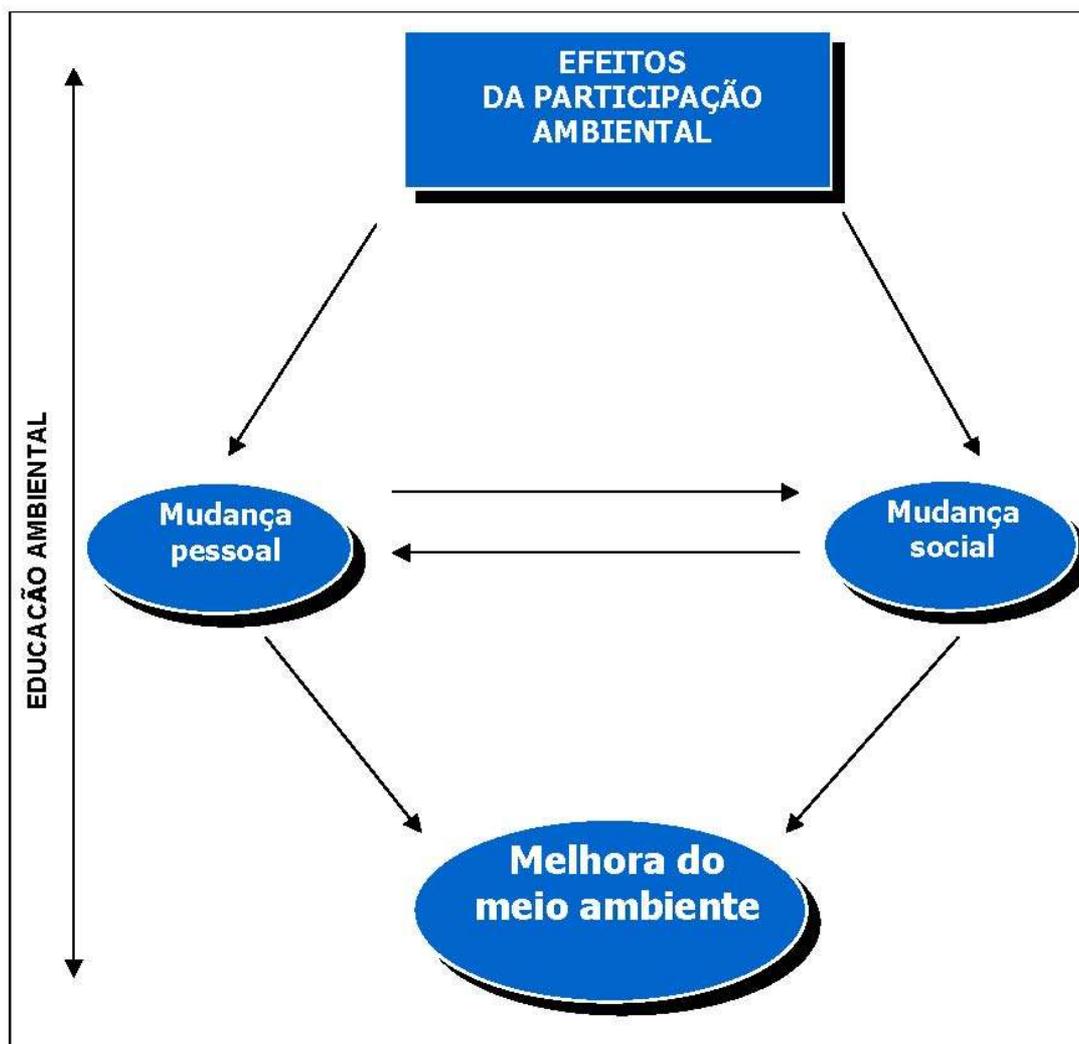


Figura 9.3: Efeitos da Educação Ambiental e da participação. Fonte: Morral (2005)

## 9.6 Conclusão

No século XXI, é fundamental a construção de uma nova cultura, em que predominem a sabedoria, ação coletiva, coerência e a manutenção das águas no domínio público. O cuidado com as águas garantirá a continuidade da vida e do desenvolvimento, tornando cada vez mais atual o lema ambientalista "Pensar globalmente, atuar localmente". O local como meio para construir a consciência do mundo e exercer a práxis libertadora e renovadora. E a Educação Ambiental pode constituir uma ferramenta básica para todos aqueles que querem atuar na construção de um mundo novo. Para finalizar, ressalta-se a afirmativa de Rocha (1997), de que "o que está sendo praticado em São Paulo na administração das águas pode ser resumido numa palavra (por sinal desgastada pelo mau uso e a intempérie): chama-se democracia. Não é pouco".



*"Hoje, certamente mais importante que a consciência do lugar é a consciência do mundo, obtida através do lugar".*

**Milton Santos, 2002.**

## Bibliografia Utilizada e Leitura Complementar

ASSIS, R. B. Fundo Estadual de Recursos Hídricos. In: AGAPA - ALERTA GERAL DAS ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL, 1., Campos do Jordão: CBH-SM, 2004.

CAMPOS, J. N. B.; VIEIRA, V. P. P. B. Gerenciamento de recursos hídricos: a problemática do Nordeste. *Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro, v. 27, n. 2, p. 81-91, 1993.

CEPAM. FUNDAÇÃO PREFEITO FARIA LIMA. *Política municipal de meio ambiente*. São Paulo: CEPAM, 1991.

COIMBRA, R., ROCHA; C. L., BEEKMAN, G. B. *Recursos hídricos: conceitos, desafios e capacitação*. Brasília, DF: ANEEL, 1999. 78 p.

COMISSÃO Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. *Nosso futuro comum*. Rio de Janeiro: Editora da FGV, 1988. 430 p.

DORFMAN, R. O papel do Estado na gestão dos recursos hídricos. *Revista de Administração Pública*. Rio de Janeiro, v. 27, n. 2, p. 19-26, 1993.

ESTEVAN, A. ; PRAT, N. (Coord.). *Alternativas para la gestión del agua en Cataluña: una visión desde la perspectiva de la nueva cultura del agua*. Barcelona, Cataluña: Bakeaz e Fundación Nueva Cultura del Agua, 2006.

LEAL, A. C. *Gestão das águas no Pontal do Paranapanema - São Paulo*. 2000. 299 f. Tese (Doutorado em Geociências) Instituto. de Geociências, UNICAMP, Campinas, 2000.

MORRAL, N. N. Educação ambiental para a gestão participativa dos recursos hídricos. In: DIÁLOGO INTERBACIAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM RECURSOS HÍDRICOS, 3., Avaré: Comitê das Bacias Hidrográficas do Pontal do Paranapanema, 2005.

ROCHA, G. A. *O sistema de gestão das águas em São Paulo*. São Paulo: DAEE, 1997. 20 p.

RODRIGUEZ, J. M. M. *Desenvolvimento local*. Fortaleza: UFC, 2005.

SANTOS, M. *Da totalidade ao lugar*. São Paulo: EDUSP, 2002. 176 p.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. CPLEA. *Gestão participativa das águas*. São Paulo: SMA, 2004. 96 p.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos Saneamento e Obras. *Gestão das águas: 6 anos de percurso*. São Paulo: SMA, 1997. 77 p.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W. ; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. *Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos*. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica / Agência Nacional de Águas, 2001. 328 p.

THAME, A. C. M. (Org.). *Comitês de bacias hidrográficas: uma revolução conceitual*. São Paulo: IQUAL Editora, 2002. 149 p.

TUNDISI, J. G. *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. São Carlos: RIMA, 2003. 251 p.

**Ana Júlia Fernandes Cardoso de Oliveira** é professora na Universidade Estadual Paulista, no Campus Experimental do Litoral Paulista (UNESP/CLP). No ano 2000, doutorou-se em Oceanografia Biológica pelo Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP). Desenvolve suas atividades de pesquisa na área de Microbiologia Marinha, estudando a estrutura e o funcionamento da alça microbiana em ambientes pelágicos e na área de Microbiologia Ambiental, com ênfase no estudo de indicadores de contaminação fecal em águas e sedimentos marinhos. Pertence ao Grupo de Pesquisa: Dinâmica Pelagial Costeira, da UNESP/CLP. Endereço para contato: UNESP, Praça Infante Dom Henrique, s/n - CEP 11330-900, Parque Bitaru, São Vicente (SP), Brasil. Home Page: [www.clp.unesp.br](http://www.clp.unesp.br) E-mail: [ajuliaf@clp.unesp.br](mailto:ajuliaf@clp.unesp.br)

**Andréa Pimenta Ambrozevicius** é bióloga bacharel em Gerenciamento Costeiro, formada pela Universidade Estadual Paulista / CLP em 2006. Atualmente está fazendo Mestrado no PROCAM (Programa Ciência Ambiental) - USP, com projeto de pesquisa com o tema poluição hídrica em Santos. Desenvolve pesquisas e atividades relacionadas aos seguintes temas: Poluição Aquática; Engenharia Sanitária; Ecotoxicologia; Contaminação ambiental e impactos sobre a saúde humana; Gestão Ambiental e Gerenciamento Costeiro. Paralelamente à formação acadêmica, vem desenvolvendo trabalhos com a ONG Caá-Oby Folha Verde -Meio Ambiente, Cidadania e Cultura, na Baixada Santista, além de atividades didáticas. E-mail para contato: [pimentalife@yahoo.com.br](mailto:pimentalife@yahoo.com.br)

**Antonio Cezar Leal** possui graduação em Geografia pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas (1989), mestrado em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista (1995), especialização em Ensino de Geociências (1996) e doutorado em Geociências pela Universidade Estadual de Campinas (2000). Tem experiência na área de Geografia, atuando principalmente nos seguintes temas: gerenciamento de recursos hídricos, gerenciamento de resíduos sólidos, educação ambiental e ensino de geografia. Atualmente é professor assistente doutor lotado na Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), Campus de Presidente Prudente, e representante titular da Unesp no Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA), no Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí-Peixe e no Comitê da Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema. Endereço para contato: Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), Campus de Presidente Prudente. E-mail: [cezar@fct.unesp.br](mailto:cezar@fct.unesp.br)

**Áurea Maria Ciotti** é professora de Oceanografia e Meteorologia; Oceanografia Costeira e Ecologia de Ambientes Pelágicos na Universidade Estadual Paulista, no Campus Experimental do Litoral Paulista (UNESP/CLP). Doutorou-se em Oceanografia pela Dalhousie University (Canadá), e atua em pesquisa em duas linhas: Oceanografia bio-óptica

---

e Ecologia do Fitoplâncton Marinho. Lidera o Grupo de Pesquisa: Dinâmica Pelagial Costeira, da UNESP/CLP. Endereço para contato: UNESP, Praça Infante Dom Henrique, s/n - CEP 11330-900, Parque Bitaru, São Vicente (SP), Brasil. Home Page: [www.clp.unesp.br](http://www.clp.unesp.br)  
E-mail: [ciotti@clp.unesp.br](mailto:ciotti@clp.unesp.br)

**Denis Moledo de Souza Abessa** é professor assistente doutor na Universidade Estadual Paulista, Campus Experimental do Litoral Paulista (UNESP/CLP), sendo também pesquisador colaborador e orientador credenciado pela UFC, no curso de Ciências Marinhas Tropicais, vinculado ao LABOMAR. Possui graduação em Ciências Biológicas pela USP e Mestrado/Doutorado em Oceanografia Biológica pela USP. É pesquisador colaborador do IOUSP e consultor técnico-científico da FUNDESPA, atuando ainda como consultor independente para a Vale, Aplysia, Consultoria Paulista de Estudos Ambientais e Tecnohidro. É sócio da SETAC, onde atuou como representante latino-americano do international programm committee. É sócio fundador da Sociedade Brasileira de Ecotoxicologia, sócio da ABES e da Agência Costeira. Foi membro do Comitê da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista e faz parte do Grupo Setorial Estadual do Gerenciamento Costeiro (Baixada Santista). Atua como parecerista da Revista *Árvore*, *Ciência Hoje*, *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, *Marine Pollution Bulletin*, *Biociências*, *Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology*, *Brazilian Journal of Oceanography*, entre outras. Tem experiência nas áreas de Engenharia Sanitária e Ecologia Aplicada, com ênfase em Controle da Poluição, atuando principalmente nos seguintes temas: zona costeira, gerenciamento costeiro, ecotoxicologia, qualidade ambiental e sedimentos. Endereço para contato: UNESP, Praça Infante Dom Henrique, s/n - CEP 11330-900, Parque Bitaru, São Vicente (SP), Brasil. Home Page: [www.clp.unesp.br](http://www.clp.unesp.br) E-mail: [dmabessa@clp.unesp.br](mailto:dmabessa@clp.unesp.br)

**Fernanda Terra Stori** é formada em Oceanografia e possui especialização em Gestão Ambiental. Atualmente realiza o doutorado no Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos, em cooperação com a Universidade Estadual Paulista/Campus Experimental do Litoral Paulista e ENSAR-Agrocampus Rennes/França. Desenvolve suas atividades de pesquisa nas áreas de Ecologia Humana e Gerenciamento Costeiro, com ênfase na análise de conflitos sócio-ecológicos em comunidades pesqueiras. Já atuou como professora voluntária na UNESP/CLP. Seu endereço para contato é: UFSCar, Depto de Hidrobiologia, Laboratório de Ecologia Humana e Etnoecologia. Rod. Washington Luiz, km 235 - CEP 13565-905 - Caixa Postal 676, Bairro Monjolinho, São Carlos (SP), Brasil. E-mail: [feterra@terra.com.br](mailto:feterra@terra.com.br)

**Francisco Sekiguchi de Carvalho e Buchmann** possui graduação em Oceanologia pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande (1994), mestrado em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1997) e doutorado em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2002). Atualmente é professor assistente da Universidade Estadual Paulista, no Campus Experimental do Litoral Paulista (UNESP/CLP).

Tem experiência na área de Oceanografia, com ênfase em Paleoceanografia, atuando principalmente nos seguintes temas: Pleistoceno, tafonomia, paleoecologia e megafauna extinta. Na área continental estuda paleotocas de mamíferos gigantes extintos. Endereço para contato: UNESP, Praça Infante Dom Henrique, s/n - CEP 11330-900, Parque Bitaru, São Vicente (SP), Brasil. Home Page: [www.clp.unesp.br](http://www.clp.unesp.br) E-mail: [buchmann@clp.unesp.br](mailto:buchmann@clp.unesp.br)

**Iracly Lea Pecora** possui graduação em Ciências Biológicas Modalidade Licenciatura pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1972), graduação em Ciências Biológicas Modalidade Médica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1974), Mestrado em Ciências Biológicas (Biofísica) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1979) e Doutorado em Ciências Biológicas (Genética) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1995). Atualmente exerce o cargo de professor adjunto da Universidade Estadual Paulista, no Campus Experimental do Litoral Paulista (UNESP/CLP), ministrando as disciplinas obrigatórias: Biofísica e Aqüicultura, além das disciplinas optativas: Biotecnologia Marinha e Farmacodinâmica, atuando principalmente no tema: estresse oxidativo. Endereço para contato: UNESP, Praça Infante Dom Henrique, s/n - CEP 11330-900, Parque Bitarú, São Vicente (SP), Brasil. Home Page: [www.clp.unesp.br](http://www.clp.unesp.br). E-mail: [ilpecora@clp.unesp.br](mailto:ilpecora@clp.unesp.br)

**Jorge Hamada** possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (1980), Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (1985) e Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (1992). Atualmente é Professor adjunto da Universidade Estadual Paulista, Campus de Bauru (FEB/UNESP Bauru) e Membro de corpo editorial da Revista Brasileira de Ciências Ambientais. Tem experiência na área de Engenharia Sanitária, com ênfase em Saneamento Básico, atuando principalmente nos seguintes temas: Aterros sanitários, Concepção, Análise crítica. Endereço para contato: Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Faculdade de Engenharia de Bauru (FEB), Campus de Bauru - Departamento de Engenharia Civil - Av. Eng. Luiz Edmundo C. Coube, 14-01 - 17033-360 - Bauru (SP). E-mail: [joha@feb.unesp.br](mailto:joha@feb.unesp.br)

**Marcelo Antonio Amaro Pinheiro** é Coordenador Executivo do Campus Experimental do Litoral Paulista (CLP) da Universidade Estadual Paulista (UNESP) e também Professor Assistente nesta mesma Unidade, a partir de janeiro/2004, tendo iniciado sua carreira docente em março/1994 na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP Campus de Jaboticabal (UNESP/FCAV). Formado em Ciências Biológicas pela UNESP Campus de Bauru (UNESP/FC), em 1989. Obteve o título de Doutor em Ciências Biológicas (Área de Zoologia), pelo Instituto de Biociências da UNESP Campus de Botucatu (UNESP/IBB) em 1995. Desenvolve suas pesquisas na Área de Zoologia dos Invertebrados, particularmente sobre a Biologia e Ecologia de Crustáceos Decápodos de

---

Importância Econômica, abordando aspectos relacionados ao crescimento, reprodução, biologia pesqueira e distribuição espacial. Presta Assessoria Científica sobre Crustáceos Braquiúros (caranguejos e siris) ao Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Sudeste e Sul (CEPSUL/ICM-Bio), participando do Grupo Gestor do Recurso Caranguejo-Uçá (*Ucides cordatus*) e Guaiamu (*Cardisoma guanhumi*). Orientador credenciado pela FCAV/UNESP Jaboticabal, junto ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Área de Produção Animal. É coordenador do Grupo de Pesquisas em Biologia de Crustáceos (CRUSTA). Endereço para contato: UNESP, Praça Infante Dom Henrique, s/n. - CEP 11330-900, Parque Bitaru, São Vicente (SP), Brasil. Home Page: [www.clp.unesp.br](http://www.clp.unesp.br) E-mail: [pinheiro@clp.unesp.br](mailto:pinheiro@clp.unesp.br)

**Maria Eliza de Sales Amaral Siqueira** é atualmente coordenadora do Projeto *Manchas Órfãs*, que visa implantação de coleta de óleo combustível na área de barcos de pesca e lazer dos municípios centrais da Baixada Santista, junto ao Escritório Regional do Ibama. No ano de 2007, doutorou-se em Ciências Humanas pelo Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo. Desenvolve atividades de pesquisa nas áreas de Planejamento Territorial e Educação Ambiental, com ênfase nas regiões Costeiras e Turísticas de São Paulo. Pertence a grupo de pesquisa do CNPQ voltado ao Planejamento do Turismo. Endereço para contato: [elizasiqueira@gmail.com.br](mailto:elizasiqueira@gmail.com.br)

**Nuria Morral Nadal** é Coordenadora da ONG Projeto Rios - Catalunha (Espanha).

**Otto Bismarck Fazzano Gadig** possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Católica de Santos (1991), Mestrado em Ciências Biológicas (Zoologia) pela Universidade Federal da Paraíba (1994) e Doutorado em Ciências Biológicas (Zoologia) pela Universidade Estadual Paulista (2001). Atualmente é Professor Assistente Doutor da Universidade Estadual Paulista, Campus do Litoral Paulista (UNESP/ CLP) Professor credenciado na Pós-graduação em Ciências Biológicas (Zoologia) da Universidade Estadual Paulista, nos Campi de Rio Claro e de Botucatu, e professor convidado da Universidade dos Açores. Tem experiência na área de Zoologia, com ênfase em Ictiologia Marinha, atuando principalmente nos seguintes temas: biologia, faunística, distribuição, ocorrência e conservação de tubarões e raias. Coordenador do Projeto Cação. Endereço para contato: UNESP, Praça Infante Dom Henrique, s/n - CEP 11330-900, Parque Bitaru, São Vicente (SP), Brasil. Home Page: [www.clp.unesp.br](http://www.clp.unesp.br) E-mail: [gadig@clp.unesp.br](mailto:gadig@clp.unesp.br)

**Roberto Fioravanti Carelli Fontes** é professor na Universidade Estadual Paulista, no Campus Experimental do Litoral Paulista (UNESP/CLP). No ano 2000, doutorou-se em Oceanografia Física pelo Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP). Desenvolve suas atividades de pesquisa na área de Oceanografia, com ênfase na dinâmica da circulação costeira e estuarina, destacando os processos relacionados à di-

nâmica de plumas e ao transporte de sedimentos. Os principais métodos utilizados partem do desenvolvimento de modelos matemáticos: hidrodinâmicos, espectrais, e de qualidade de água. Pertence aos Grupos de Pesquisa: Dinâmica Pelagial Costeira, da UNESP/CLP e Dinâmica Oceânica, do IOUSP. Endereço para contato: UNESP, Praça Infante Dom Henrique, s/n CEP 11330-900, Parque Bitaru, São Vicente (SP), Brasil. Home Page: [www.clp.unesp.br](http://www.clp.unesp.br). E-mail: [rcfontes@clp.unesp.br](mailto:rcfontes@clp.unesp.br)

**Tânia Márcia Costa** é formada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista, Campus de São José do Rio Preto (UNESP/IBILCE), com Mestrado realizado em 1995 e Doutorado em 2000 pelo IB/UNESP Botucatu. Em 2001 iniciou Pós-doutorado junto ao programa BIOTA/FAPESP. Desde 2003 é professora na Universidade Estadual Paulista (UNESP/CLP), Campus Experimental do Litoral Paulista com as seguintes linhas de pesquisa: Relações interespecíficas entre os invertebrados marinhos e Biologia e Ecologia de Crustáceos Decápodos. Pertence ao Grupo de Pesquisa em Biologia de Crustáceos (CRUSTA) da UNESP/CLP. Endereço para contato: UNESP, Praça Infante Dom Henrique, s/n - CEP 11330-900, Parque Bitaru, São Vicente (SP), Brasil. Home Page: [www.clp.unesp.br](http://www.clp.unesp.br) E-mail: [costatm@clp.unesp.br](mailto:costatm@clp.unesp.br)