

## Disciplina Ciências do Ambiente

### Parte I – Ecossistemas: funcionamento ecológico e valores para a conservação.

#### Introdução:

A civilização humana vem alterando continuamente a biosfera<sup>1</sup> em busca de desenvolvimento, de modo a alcançar maior conforto e qualidade de vida. O nível de alteração ambiental, associado ao esgotamento dos recursos naturais, entretanto, tem suscitado reflexões sobre a capacidade de suporte da biosfera, frente à exploração humana. Ao mesmo tempo em que a modificação da biosfera é necessária para o desenvolvimento das atividades humanas, sua conservação é essencial para a manutenção dos processos básicos que garantam a existência da vida neste planeta. O equilíbrio gasoso da atmosfera, a estabilidade do clima, a manutenção da biodiversidade, dentre outros, são exemplos de bens e serviços fornecidos pelos ecossistemas naturais, continuamente ameaçados pelas atividades humanas. Valorar esses bens e serviços ambientais, é cada vez mais urgente quando se pretende associar o desenvolvimento humano com a capacidade da biosfera em sustentá-lo.

#### Ecossistema: conceito

“Os organismos vivos e o seu ambiente não vivo (abiótico) estão inseparavelmente interrelacionados e interagem entre si. Denomina-se ecossistema ou sistema ecológico qualquer unidade que abranja todos os organismos que funcionam em conjunto (a comunidade biótica) numa dada área, interagindo com o ambiente físico de tal forma que um fluxo de energia produza estruturas bióticas claramente definidas e uma ciclagem de materiais entre as partes vivas e não vivas” (Odum,1988).

O ambiente físico inclui muitos fatores que são importantes ao bem-estar dos organismos. Esses fatores são denominados de fatores ecológicos, como por exemplo: a temperatura, a umidade, a concentração de nutrientes, etc.

Ao longo do processo evolutivo, as populações<sup>2</sup> foram adaptando-se a diversas condições ecológicas. Mas como ocorre a adaptação biológica de uma população?

O processo de adaptação biológica envolve mudanças genéticas nas populações. Cada indivíduo numa população apresenta uma constituição genética única ou genótipo, composta de uma combinação de genes de seus genitores. As populações constituintes de uma comunidade apresentam, portanto, variabilidade genética, fundamental para a ocorrência de adaptações ao ambiente.

Considerando determinada característica de um ambiente, aqueles indivíduos que apresentem atributos que lhes permitam sobreviver melhor nesse ambiente, atingirão sucesso reprodutivo maior, deixando maior número de descendentes. Desse modo, os genes responsáveis por tais atributos aumentam sua frequência na população. Com o passar do tempo, ao longo de várias gerações, a população vai apresentando a maioria de seus indivíduos com aquele atributo selecionado. Diz-se que a população está adaptada àquela característica do ambiente.

As comunidades são formadas por um conjunto de espécies que ocorrem num lugar, cujas populações encontram-se adaptadas a seu ambiente e estão interconectadas por suas relações de alimentação e outras interações. As inter-relações dentro da comunidade governam o fluxo de energia e a reciclagem dos materiais dentro do ecossistema. Influenciam também os processos populacionais, determinando as abundâncias relativas das espécies numa comunidade.

---

<sup>1</sup> *Conjunto de todos ecossistemas naturais da Terra..*

<sup>2</sup> *Uma população pode ser definida como um conjunto de organismos da mesma espécie, isto é, organismos que possam intercambiar material genético, produzindo descendentes férteis (Odum, 1988).*

## **Desenvolvimento do ecossistema: sucessão ecológica de comunidades**

O surgimento de qualquer novo habitat – dunas de areia, fluxos de lava vulcânica, rochas – atrai um conjunto de espécies adaptadas para a condição de colonizadoras, capazes de ocupar a área, denominada de comunidade pioneira.

A comunidade pioneira apresenta populações adaptadas a ambientes com características bastante adversas à vida, tais como: solos com baixa concentração de matéria orgânica e de nutrientes, baixa umidade, exposição direta à luz solar, etc... Como boas colonizadoras, as plantas pioneiras apresentam características como crescimento rápido, ou seja, têm ciclo de vida curto, rapidamente atingindo a idade de reprodução, quando produzem grandes quantidades de sementes. Além de produzidas em grandes quantidades, as sementes geralmente são pequenas e, facilmente transportadas pelo vento, uma característica que lhes permite ocupar rapidamente uma área, colonizando o habitat.

A taxa de crescimento das populações pioneiras é alta, atingindo rapidamente grande número de indivíduos, num processo de colonização de habitats não ocupados e, portanto, com baixa competição entre as espécies. Porém esta taxa de crescimento vai ser limitada pela substituição das espécies pioneiras por outras espécies que começam a chegar no ecossistema em formação, uma vez que as condições ambientais agora são diferentes daquelas do início da colonização do habitat.

A ocupação do habitat pelas plantas pioneiras modifica o ambiente. As plantas sombreiam a superfície do solo, lhes fornecem detritos e contribuem para uma maior retenção de umidade. Estas modificações tornam o ambiente favorável ao estabelecimento de outras espécies de plantas (tardias ou clímax), as quais eram incapazes de estabelecerem-se no habitat recém formado

As espécies tardias ou climácicas apresentam atributos que as tornam melhores competidoras num ambiente em que mais espécies têm condições de existir. Elas se dispersam e crescem mais lentamente, mas toleram mais a sombra enquanto brotos e apresentam maior desenvolvimento das raízes e partes aéreas, o que lhes confere vantagem competitiva sobre as plantas pioneiras.

A comunidade pioneira vai sendo, então, gradativamente substituída por outras comunidades que se sucedem, caracterizando o processo de sucessão ecológica de comunidades.

A sucessão de comunidades continua até que a entrada de novas espécies e a dinâmica populacional das espécies estabelecidas não mais modifique o ambiente da comunidade em desenvolvimento. Quando a comunidade vegetal alcança a forma de crescimento máxima (herbácea, arbustiva ou arbórea) que o ambiente pode suportar, as condições ambientais como luminosidade e umidade do solo apresentam pequenas variações quando comparadas com aquelas que caracterizavam o ecossistema em formação. Neste ponto, a sucessão atingiu o clímax. A forma de crescimento clímax é limitada principalmente pelo clima, mais precisamente a quantidade de chuvas que atinge determinada localidade.

Numa comunidade clímax, a maioria das populações encontra-se com seu tamanho estável, o qual pode variar mais ou menos temporalmente, de acordo com a variabilidade natural do ambiente. As interações entre as populações são os principais fatores responsáveis pela estabilidade das populações numa comunidade clímax.

O processo de sucessão ecológica que se inicia com a colonização de habitats novos, culminando na formação de um novo ecossistema é denominado de sucessão primária. Entretanto, um ecossistema já formado pode ser perturbado ou completamente destruído, o que dá início ao processo de sucessão ecológica secundária, tornando possível sua recuperação. O grau de perturbação a que o ecossistema foi submetido é um fator fundamental para definir o tempo e as possibilidades de sua recuperação.

## **Valores para a conservação dos ecossistemas naturais – biodiversidade**

Cada tipo de ecossistema apresenta uma comunidade com sua diversidade de espécies, adaptadas a seu ambiente particular. Esse valioso patrimônio genético representa um potencial para utilização humana (princípios ativos para indústria e agricultura, por exemplo) e também para assegurar adaptações das espécies, frente às mudanças no ambiente.

A diversidade de espécies é fundamental também para a manutenção dos processos ecológicos dos ecossistemas, por meio das interações bióticas, garantindo o equilíbrio biológico da comunidade. A extinção de espécies interfere no equilíbrio das cadeias alimentares, com reflexos negativos na produção do ecossistema e na estabilidade dos tamanhos populacionais. O surgimento de pragas em ecossistemas antrópicos, por exemplo, está associado, dentre outros fatores, à reduzida diversidade de espécies desses ambientes.

Muitas ações humanas ameaçam a biodiversidade (diversidade de ecossistemas, a diversidade espécies e diversidade genética) incluindo: a destruição, fragmentação e poluição dos habitats; a sobreexploração de espécies, acima da capacidade de suporte de suas populações; a introdução de espécies exóticas e a eliminação de espécies nativas, durante o controle de espécies invasoras. Dentre estas ações, a perda de habitat é a ação que mais afeta a diversidade biológica atualmente. Além da perda total de habitat, a fragmentação de habitats contínuos, produzindo remanescentes de pequeno tamanho e isolados entre si, vem cada vez mais afetando a manutenção das espécies nos ecossistemas.

Os remanescentes de ecossistemas naturais, frequentemente de pequeno tamanho, encontram-se sujeitos ao efeito de borda, com conseqüências negativas à persistência das espécies típicas dos habitats originais.

## **Valores para a conservação dos ecossistemas naturais – produção de biomassa**

A produção vegetal terrestre é máxima nos trópicos úmidos e, mínima nos habitats de tundra e deserto (Quadro 1). A combinação favorável de intensa luz solar, temperatura alta e precipitação abundante nos trópicos úmidos resulta na mais alta produtividade terrestre do planeta.

A produção primária é bem menor no oceano aberto do que nas águas da plataforma continental, devido à escassez de nutrientes. Em estuários, recifes de coral e leitos de algas costeiras a produção se aproxima dos sistemas terrestres adjacentes (Ricklefs,2003).

Os ecossistemas de pântanos e alagados, os quais ocupam a interface entre os habitats aquáticos e terrestres, apresentam os valores mais altos de produção, em decorrência da disponibilidade de nutrientes presente. Nestes sistemas das áreas alagáveis, a contribuição de nutrientes advindos dos sistemas terrestres adjacentes, somada à rápida reciclagem local de nutrientes, favorece à alta produtividade. Vários estudos têm mostrado que os estuários e alagados marinhos, como os manguezais, são grandes exportadores de carbono orgânico e nutrientes minerais para os sistemas marinhos vizinhos, constituindo-se em componentes importantes da produção marinha (Ricklefs, 2003).

**Quadro 1 – Média da produção primária líquida (PPL) nos grandes ecossistemas terrestres (Fonte: Whittaker & Likens, 1973 citados por Ricklefs, 2003).**

Habitat	PPL(gm <sup>-2</sup> ano <sup>-1</sup> )	Biomassa (Kgm <sup>-2</sup> )
Terrestre		
Floresta tropical	1800	42
Floresta temperada	1250	32
Floresta boreal	800	20
Savana	700	4
Campo temperado	500	1,5
Tundra e alpino	140	0,6
Deserto de arbustos	70	0,7
Terra cultivada	650	1
Brejo e pântano	2500	15
Aquático		
Oceano aberto	125	0,003
Plataforma continental	360	0,01
Recifes e camadas de algas	2000	2
Estuários	1800	1
Córregos e lagos	500	0,02

A produtividade primária de um sistema ecológico refere-se à taxa de conversão de energia radiante em energia química, “armazenada” nas ligações entre os átomos de carbono, das substâncias orgânicas elaboradas mediante a atividade fotossintética dos organismos produtores ou autotróficos (plantas verdes e algas). A produtividade primária bruta é a taxa global da fotossíntese, incluindo a matéria orgânica usada na respiração durante o processo de medição, enquanto a produtividade primária líquida representa a taxa de armazenamento de matéria orgânica nos tecidos vegetais, em excesso relativamente ao uso respiratório pelos produtores, durante o período de medição.

O termo produtividade secundária refere-se à taxa de armazenamento energético nos níveis de consumidores (herbívoros, carnívoros, decompositores) (ODUM, 1988).

O processo básico da produção primária é a fotossíntese, realizada pelas plantas e algas. Neste processo, o carbono inorgânico (CO<sub>2</sub>) é transformado em carbono orgânico (glicose - C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>), ao mesmo tempo em que a energia luminosa é convertida em energia química, ficando “armazenada” na molécula orgânica (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>).

#### Fotossíntese



Parte da matéria orgânica produzida será oxidada a fim de liberar a energia de que as células precisam para realizar suas atividades vitais. A reação básica deste processo é a respiração aeróbia.

#### Respiração aeróbia:



A matéria orgânica que forma a biomassa dos organismos é constituída principalmente de carboidratos (açúcares), proteínas e lipídios (gorduras). Os produtores primários (plantas e algas) necessitam, portanto, de vários tipos de nutrientes para produzir os vários compostos orgânicos, sendo os macronutrientes principais o carbono (gás carbônico -  $\text{CO}_2$ ), o nitrogênio (nitrato -  $\text{NO}_3$ ), o enxofre (sulfato -  $\text{SO}_4$ ) e o fósforo (fosfato -  $\text{PO}_4$ ), além de vários outros micronutrientes (ferro, zinco, manganês, etc...). Os principais fatores que limitam a produção primária são a disponibilidade de água, de luz e de nutrientes inorgânicos, principalmente, o fósforo e o nitrogênio, devido à sua relativa escassez nos ecossistemas.

As plantas e algas que habitam os vários ecossistemas encontram-se adaptadas às concentrações de nutrientes existentes naquele solo ou água. Mudanças nestas concentrações podem resultar em importantes desequilíbrios no ecossistema. Um exemplo típico é a eutrofização acelerada de ecossistemas aquáticos.

Os animais obtêm sua energia e matéria, nutrindo-se de outros organismos (heterótrofos), sejam eles plantas ou outros animais. Por meio do processo de respiração aeróbia, suas células vão oxidar a glicose e obter a energia para suas atividades, transformando, portanto, parte da matéria orgânica constituinte da biomassa em matéria inorgânica, a qual retornará ao ambiente abiótico (ar, água ou solo).

Os organismos liberam constantemente para o solo ou água, substâncias orgânicas, incluindo folhas das plantas, fezes e urina dos animais. Quando estes organismos morrem, sua biomassa também será transferida para o solo ou água. Tal compartimento do ecossistema, representado pela matéria orgânica morta, presente no solo (nos ecossistemas terrestres) ou na água (nos ecossistemas aquáticos), alimenta um tipo importante de cadeia alimentar: a cadeia dos decompositores ou cadeia alimentar de detritos. Esta cadeia alimentar é constituída principalmente de microrganismos heterotróficos que se nutrem da matéria orgânica morta, realizando sua decomposição.

A decomposição da matéria orgânica é um processo complexo que envolve muitas etapas físicas e químicas, que tem início com a trituração dos materiais em partes menores e continua até sua completa solubilização, quando os materiais já estão em dimensões moleculares.

O processo final da decomposição engloba três tipos básicos de reações químicas, dependendo da disponibilidade de oxigênio no ambiente, para utilização pelos microrganismos: a respiração aeróbia, a respiração anaeróbia (ambientes sem oxigênio) e a fermentação (ambientes sem oxigênio).

A decomposição completa da matéria orgânica até sua forma inorgânica ocorre mediante os processos aeróbios. Os produtos finais da decomposição da matéria orgânica, pela via aeróbia, incluem compostos como: gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), nitrato ( $\text{NO}_3$ ), sulfato ( $\text{SO}_4$ ) e fosfato ( $\text{PO}_4$ ). Tais compostos representam também os principais macronutrientes necessários para o processo de produção da matéria orgânica.

Desse modo, a decomposição e a produção da matéria orgânica funcionam como processos, por meio dos quais a matéria circula no ecossistema, ora fazendo parte da composição dos organismos, ora fazendo parte da matéria orgânica morta no solo e água, ou ainda, como substâncias inorgânicas simples, dissolvidas na água e solo. O movimento de cada elemento químico no ecossistema pode ser acompanhado, constituindo um ciclo biogeoquímico.

Em condições de ausência de oxigênio a decomposição da matéria orgânica ocorrerá de forma incompleta, liberando compostos como metano ( $\text{CH}_4$ ), amônia ( $\text{NH}_3$ ) e gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Apenas alguns tipos de organismos, principalmente alguns fungos e bactérias, são capazes de realizar a decomposição anaeróbia. Alguns compostos liberados pelas reações anaeróbias podem ser tóxicos para outros organismos.

## **Valores para a conservação dos ecossistemas naturais: ciclagem biogeoquímica; regulação do ciclo hidrológico, proteção do solo e água superficial e subterrânea.**

A maioria dos ecossistemas encontra-se em estado de equilíbrio dinâmico, no qual a importação de elementos aproximadamente equilibra a exportação, sendo que a taxa de circulação dos elementos dentro do ecossistema é geralmente maior, comparada com a entrada e saída destes.

Vários mecanismos conservadores de nutrientes estão presentes nos ecossistemas naturais, sendo que a interação vegetação – solo - água é de fundamental importância na ciclagem biogeoquímica.

A cobertura vegetal original do solo apresenta uma relação estreita com o funcionamento do ciclo hidrológico no ecossistema terrestre. A interceptação da vegetação, amortecendo o impacto da precipitação, favorece a infiltração da água no solo, a qual ocorrerá de modo mais lento. Ao mesmo tempo, a vegetação garante o fornecimento de matéria orgânica para o solo, o que é fundamental para melhorar sua estrutura física.

A matéria orgânica em decomposição favorece a formação de agregados no solo, ao liberar compostos intermediários que funcionam como agentes cimentantes, unindo as partículas minerais do solo.

A presença de agregados confere ao solo uma estrutura física adequada, importante para prevenir a erosão e facilitar a infiltração de água (Primavesi, 1988). A matéria orgânica em decomposição também contribui para a retenção de nutrientes minerais na camada superficial do solo, ao funcionar como agente quelante, “segurando” elementos químicos que seriam lixiviados do solo (Odum, 1988).

Ao favorecer uma maior infiltração de água no solo, a presença da cobertura vegetal, principalmente a nativa, com sua estrutura característica (disposição espacial das plantas, raízes, etc...), é importante para garantir o suprimento de água subterrânea na bacia hidrográfica. Ao mesmo tempo, um menor volume de água escoou superficialmente e sub-superficialmente deste solo, protegido pela vegetação nativa, significando maior proteção contra erosões, e desbarrancamentos de margens. Como consequência, ocorrerá menor transporte de materiais (partículas de solo, nutrientes e poluentes) para os ecossistemas aquáticos, prevenindo seu assoreamento, eutrofização e contaminação.

As matas ciliares são exemplos de ecossistemas florestais com uma importante função ecológica de proteção dos ecossistemas aquáticos em suas margens, por intermédio da regulação do ciclo hidrológico e conservação do solo.

## **Ecossistemas naturais e ecossistemas antrópicos**

Os ecossistemas naturais são aqueles ecossistemas formados pelo processo de sucessão ecológica, sendo capazes de se auto-sustentarem, ou seja, em que predomina a ação dos processos de manutenção ecológica em relação aos processos de controle antrópicos (Odum, 1988). Como exemplos de ecossistemas naturais podem ser citados os lagos, os rios, as florestas, os campos, dentre outros.

Os ecossistemas antrópicos são construídos pelo ser humano, por meio de modificações nos ecossistemas naturais existentes numa paisagem, ou sua total substituição. Os ecossistemas antrópicos incluem os ecossistemas agrários e os ecossistemas urbano-industriais.

## **Ecosistema urbano**

Os ecossistemas urbano-industriais são ecossistemas incompletos ou heterotróficos, dependentes de grandes áreas externas a eles para a obtenção de energia, alimentos, fibras, água e outros materiais.

Algumas características próprias dos sistemas urbano-industriais são: (1) um metabolismo muito intenso por unidade de área, exigindo um influxo maior de energia concentrada (atualmente suprida, na maior parte, por combustíveis fósseis); (2) uma grande necessidade de entrada de materiais, como metais para uso comercial e industrial, acima e além do necessário para a sustentação da própria vida; e (3) uma grande saída de resíduos, muitos dos quais são substâncias químicas sintéticas mais tóxicas do que os seus precursores naturais (Odum, 1988).

A paisagem urbana apresenta uma grande proporção de espaços não permeáveis, o que altera o funcionamento do ciclo hidrológico nesse ecossistema, dificultando a infiltração de água no solo e aumentando seu escoamento superficial. Problemas como erosão do solo urbano e assoreamento de ecossistemas aquáticos aparecem como conseqüências dessas alterações.

A poluição térmica urbana (ilhas de calor) é uma modificação climática local, caracterizada pelo aumento de calor nos centros urbanos. O padrão de circulação atmosférica de uma cidade poluída termicamente é o seguinte: o ar quente se eleva no centro da cidade e o ar suburbano desce em direção ao solo, dirigindo-se para o centro da cidade, o que leva a uma concentração de poluentes neste local.

Os principais fatores responsáveis pelo desenvolvimento da ilha de calor urbana são o excesso de calor produzido na cidade (atividades domésticas, industriais, veículos, etc) e o contraste entre as propriedades físicas da cidade e do meio que a circunda. Como grande parte da água das cidades corre em seu subsolo, através de sistemas de canalização, não está diretamente exposta ao calor solar. Logo, pouco calor é usado nas cidades na evapotranspiração da água, em contraste com o ambiente periurbano.

O controle da poluição térmica urbana está intimamente relacionado com o planejamento territorial urbano. É necessário que este oriente a ocupação urbana de modo ordenado, garantindo a oferta de áreas verdes urbanas. Nesses espaços, além da existência de solo permeável, tem-se o fator transpiração vegetal contribuindo para amenizar o calor do ambiente.

## **Parte II: Impactos ambientais nos ecossistemas**

Um impacto ambiental pode ser definido como uma mudança (positiva ou negativa) na qualidade ambiental, ou seja, a diferença entre a qualidade do ambiente na presença e na ausência da ação ambiental.

As ações antrópicas interferem de várias maneiras nos processos ecológicos dos ecossistemas, seja alterando as relações entre os organismos (interações bióticas); modificando as condições ambientais e, conseqüentemente, a composição da comunidade ou alterando o funcionamento do ciclo hidrológico e dos demais ciclos biogeoquímicos.

Os impactos ambientais decorrentes das ações antrópicas podem ser positivos ou negativos. O termo poluição ambiental é reservado para expressar os impactos negativos, isto é, aqueles que resultam em prejuízo para a população humana diretamente, e também indiretamente, mediante os efeitos adversos sobre os ecossistemas.

As principais modificações humanas nos processos de ciclagem biogeoquímica incluem: 1) aumento da mobilidade de elementos químicos essenciais (nutrientes) e não essenciais e 2) introdução de substâncias sintéticas (não biodegradáveis, tóxicas) na biosfera. A seguir serão apresentados alguns aspectos relacionados com a poluição ambiental originada pelo lançamento de resíduos nos compartimentos ambientais (ar, solo e água).

## **Poluição atmosférica**

São considerados poluentes atmosféricos quaisquer substâncias presentes no ar que por sua concentração podem torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à biota ou prejudicial à segurança, ao uso da propriedade e às atividades normais da comunidade (São Paulo, 2009 a).

As principais fontes de poluentes atmosféricos compreendem: queima de combustíveis fósseis (produção de energia, sistemas de transportes), práticas agrícolas e processos industriais

Os poluentes atmosféricos podem ser classificados em primários e secundários:

- poluentes primários: são aqueles emitidos diretamente pelas fontes;
- poluentes secundários: são aqueles formados na atmosfera por interações químicas entre os poluentes primários e constituintes normais da atmosfera. Ex: ozônio e peroxi-acil-nitratos.

Quanto à sua natureza química, classificam-se em: compostos sulfurosos, compostos nitrogenados, compostos orgânicos, óxidos de carbono, halógenos; matéria particulada e compostos radioativos.

## **Fatores ambientais e poluição atmosférica**

Os principais fatores ambientais que têm influência sobre a poluição atmosférica, facilitando ou dificultando a dispersão dos poluentes, incluem a topografia e os movimentos do ar: horizontais (ventos) e verticais (gradiente vertical - o ar fica mais frio com o aumento da altitude). Num gradiente normal de temperatura do ar, os poluentes lançados na atmosfera, tendem a subir e dispersarem-se.

A inversão térmica representa a inversão do gradiente vertical de temperatura, caracterizada pela existência de uma camada de ar quente acima da camada de ar frio, o que impede a dissipação vertical dos poluentes na atmosfera. Não é um tipo de poluição do ar, mas sim um fenômeno meteorológico que agrava as condições de dissipação dos poluentes na atmosfera.

Nas Tabelas 2.1 e 2.2 são apresentados os principais poluentes atmosféricos, suas fontes e efeitos ambientais:

**Tabela 2.1: Poluentes atmosféricos principais e seus efeitos. Fonte: (São Paulo, 2009 a, adaptado).**

<b>Poluente</b>	<b>Fontes principais</b>	<b>Efeitos sobre a saúde</b>	<b>Efeitos sobre o meio ambiente</b>
Partículas totais (PTS) (<100µm)	Processos industriais, veículos motorizados, poeira de rua ressuspensa, queima de biomassa	efeitos significativos em pessoas com doença pulmonar, asma e bronquite	diminuição da visibilidade, danos à vegetação, contaminação do solo
Partículas inaláveis (MP <sub>10</sub> ) (<10µm)	Processos de combustão (indústria e veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera)	quanto menor o tamanho da partícula, maior o efeito sobre a saúde. Efeitos significativos em pessoas com doença pulmonar, asma e bronquite	diminuição da visibilidade, danos à vegetação, contaminação do solo
Dióxido de enxofre SO <sub>2</sub>	queima de combustíveis fósseis, queima de biomassa; processos de fabricação de ácido sulfúrico; indústrias metalúrgicas, refinarias de petróleo	irritação dos olhos, nariz, garganta, bronquiocconstrição, queimaduras nos olhos e na pele, morte de doentes sensíveis, interferência com a formação de anticorpos	chuva ácida, danos à vegetação, corrosão de materiais
Dióxido de nitrogênio NO <sub>2</sub>	combustão envolvendo veículos automotores (pela oxidação do N <sub>2</sub> atmosférico), processos industriais, usinas térmicas, queima de biomassa	diminuição da resistência às infecções respiratórias, aumento da sensibilidade à asma e à bronquite.	chuva ácida; participação na formação de smog oxidante.

**Tabela 2.2: Poluentes atmosféricos principais e seus efeitos. Fonte: (São Paulo, 2009 a, adaptado).**

Poluente	Fontes principais	Efeitos sobre a saúde	Efeitos sobre o meio ambiente
Monóxido de carbono (CO)	combustão incompleta em veículos automotores	altos níveis estão associados com perda de reflexos, da capacidade de aprendizado visual. Interfere na ação dos fagócitos (células de defesa).	
Ozônio (O <sub>3</sub> ) e Peroxiacil nitratos (PAN)	produzidos fotoquimicamente por reação com os óxidos de nitrogênio (smog oxidante)	irritação nos olhos e vias respiratórias, diminuição da capacidade pulmonar	danos à vegetação
Clorofluor-carbonos (CFC)	processos industriais, sistemas de refrigeração		destruição da camada de ozônio – danos aos ecossistemas e à saúde humana (câncer de pele)
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	queima de combustíveis fósseis e de biomassa		efeito estufa
Hidro Carbonetos	combustão incompleta	câncer (benzopireno)	participam na formação de smog oxidante
Chumbo	combustão da gasolina com chumbo	acumula-se no organismo (saturnismo)	
Fluoretos	processos industriais	edema pulmonar; pneumonia	danos à vegetação

## **Algumas conseqüências da poluição atmosférica para o ambiente:**

- **Chuva ácida**

A chuva é considerada ácida quando apresenta pH inferior a 5,6 - valor que expressa o equilíbrio químico estabelecido entre o CO<sub>2</sub> atmosférico e sua forma solúvel, o íon bicarbonato, em água pura. Além do CO<sub>2</sub>, valores de pH inferiores a 5,6 são devido a presença de ácidos fortes, como o ácido sulfúrico e o ácido nítrico. Estes ácidos são formados na atmosfera por meio da oxidação fotoquímica dos gases SO<sub>2</sub>, NO e NO<sub>2</sub>, com radicais livres (principalmente o radical hidroxila - OH<sup>•</sup>) ou por intermédio da oxidação destes gases ácidos com o peróxido de hidrogênio, com o oxigênio dissolvido no interior das nuvens, neblinas e na chuva.

- **Aquecimento global**

O aquecimento global está relacionado com o aumento da temperatura global, decorrente do acréscimo da concentração do CO<sub>2</sub> e de outros “gases estufa” (CH<sub>4</sub>, NO, O<sub>3</sub>, CFC) na atmosfera. Esses gases são “transparentes” à radiação de ondas curtas provenientes do sol, mas absorvem as radiações de ondas longas refletidas pela superfície terrestre (efeito estufa). Desde a era pré-industrial até o presente a temperatura média do planeta já aumentou 0,76°C (IPCC, 2007), um aumento muito grande para tão pequeno espaço de tempo, considerando-se a escala temporal dos eventos climáticos. As conseqüências do aquecimento global podem ser bastante catastróficas para população humana, sendo as principais:

1. Elevação do nível dos mares.

O aumento da quantidade de vapor de água para os mares, alterando os padrões de precipitação pluviométrica, assim como o carreamento de água para os mares, a partir de rios e geleiras; expansão térmica das águas oceânicas e o degelo de geleiras.

É prevista uma elevação do nível do mar entre 17cm e 59cm até 2100, considerando-se um aumento de temperatura entre 1,8° C e 4°C, neste período (IPCC, 2007).

2. Influência na ocorrência de pragas de insetos e multiplicação de organismos patogênicos.

3. Intensificação de eventos climáticos extremos :

- Aumento na intensidade dos furacões.
- Aumento na frequência de ressacas e ondas de calor.
- Aumento na ocorrência de secas e enchentes, com conseqüente escassez de recursos hídricos, fome, conflitos sociais por água e alimentos e migrações humanas (refugiados do clima).

*intensidade dos furacões*

- **Destruição da camada de ozônio**

A destruição da camada de ozônio é causada pela ação do cloro presente, principalmente, em compostos do grupo dos CFCs (clorofluorcarbonos), brometo de metila (pesticidas), halons (agentes de extintores de incêndio) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Os compostos CFCs têm vida longa. O CFC-11 dura em média 50 anos; o CFC-12 em média 102 anos e o CFC-13, em média 85 anos. Portanto, as emissões dessas substâncias químicas influirão no processo de esgotamento da camada de ozônio durante muitos anos.

De acordo com pesquisas recentes, o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) já superou os CFCs como causador principal da destruição da camada de ozônio, em razão da diminuição das emissões de CFCs verificada nos últimos 20 anos, uma conseqüência da eficácia dos acordos internacionais estabelecidos sobre o tema.

A cada primavera, no hemisfério Sul, aparece um “buraco” na camada de ozônio sobre a Antártida, com uma extensão de 20 a 25 milhões de Km<sup>2</sup>. O “buraco”, não é na realidade um buraco, e sim uma região com uma baixa concentração de ozônio. Esse problema é devido à atmosfera muito fria e à presença de nuvens estratosféricas (menos de -80°C) que retêm cloro e bromo. Com o retorno da primavera e o descongelamento das nuvens, esses elementos são liberados, atacando as moléculas de ozônio.

## **Poluição do solo e da água**

Considerando a interação existente entre os ecossistemas aquáticos e terrestres, o lançamento de resíduos no solo acarretará a poluição também da água, superficial e subterrânea. Portanto, qualquer avaliação da poluição do solo ou da água deve considerar a bacia hidrográfica como unidade mínima de estudo.

## **Poluição por substâncias orgânicas biodegradáveis**

A decomposição da matéria orgânica biodegradável, de origem não tóxica, causará problemas ao solo, principalmente durante a etapa anaeróbia, isto é, quando na ausência de oxigênio. Essa condição ocorre sempre que não for permitido o arejamento dos resíduos em decomposição.

Em decorrência dos processos anaeróbios de decomposição da matéria orgânica, são formados compostos característicos, muitos deles tóxicos e causadores de mal cheiro, tais como H<sub>2</sub>S e mercaptanas. Os produtos da decomposição de resíduos sólidos formam um líquido escuro, extremamente tóxico, denominado chorume, o qual, além de contaminar o solo, representa um risco potencial de poluição do meio aquático. Os produtos resultantes da decomposição anaeróbia constituem-se, ainda, em atrativos para vetores de doenças, como moscas e baratas.

Os principais efeitos resultantes do lançamento de poluentes orgânicos biodegradáveis nos ecossistemas aquáticos são: diminuição da concentração de oxigênio dissolvido, devido ao maior consumo pelos decompositores, podendo resultar na sua total depleção. Na ausência de oxigênio, ocorre a decomposição anaeróbia da matéria orgânica, com a formação de compostos como ácidos orgânicos e gases (gás sulfídrico, mercaptanas, metano).

## **Poluição por substâncias orgânicas não biodegradáveis**

### **1. Pesticidas**

Os pesticidas apresentam uma série de efeitos adversos para o ambiente e para a biota, tais como: toxidez direta (aguda), intoxicação crônica (levando ao aumento da mortalidade e/ou na redução do potencial biótico), biomagnificação, redução do alimento disponível, destruição de habitat e de locais para nidificação, eliminação de inimigos naturais e de espécies polinizadoras, surgimento de novas pragas, aumento de pragas resistentes, além da contaminação do ar, da água e do solo.

O comportamento dos pesticidas no solo depende de vários fatores: sua estrutura química, tipo de formulação, tipo de solo, tipo de microrganismos do solo e tipo de cultura. O desaparecimento dos pesticidas do solo ocorre por volatilização, reações químicas, atividade microbiológica e transporte com a água. A persistência dos pesticidas no solo varia de meses até anos. Os pesticidas organo-clorados são mais persistentes. Do solo contaminam as culturas e os alimentos. Para a prevenção da contaminação alimentar é importante a observação do número correto de aplicações, a dosagem recomendada, bem como o intervalo de tempo adequado entre a última aplicação do pesticida e a colheita.

## **2. Detergentes sintéticos**

Os principais efeitos da poluição por detergentes sintéticos nos ecossistemas aquáticos incluem: intoxicação da biota; formação de espuma; alterações na tensão superficial da água e interferência nas trocas gasosas na interface ar-água.

## **3. Petróleo**

Os principais efeitos da poluição por petróleo nos ecossistemas aquáticos incluem: formação de película superficial que dificulta as trocas gasosas entre o ar e água; a vedação dos estômatos das plantas e órgãos respiratórios dos animais; impermeabilização das raízes de plantas e ação de substâncias tóxicas na biota.

## **Poluição por substâncias inorgânicas**

### **1. Sais nutrientes (nitrogênio e fósforo)**

Nos agroecossistemas os efeitos ambientais adversos associados com o emprego excessivo de adubos sintéticos à base de nitrogênio e fósforo, incluem:

- Interferência nos ciclos biogeoquímicos - aumento progressivo de elementos em circulação na biosfera.
- Alterações no solo - rápido decréscimo no seu teor de matéria orgânica, decorrente do aumento da atividade microbológica, relacionada com o aporte de fertilizantes.
- Toxidez - as culturas podem absorver quantidades excessivas do fertilizante, resultando em contaminação alimentar. O excesso de fertilizante não absorvido, incorpora-se no solo e atinge os ecossistemas aquáticos, onde provoca a contaminação, quando alcança níveis tóxicos, além de causar a eutrofização aquática.
- Presença de impurezas (metais pesados) nos minerais, cuja remoção não seria economicamente viável - O uso excessivo e continuado de adubos sintéticos acaba por contaminar o solo com as impurezas nele contidas.

Nos ecossistemas aquáticos, as principais fontes de nitrogênio e fósforo são: descarga de esgotos sanitários; de algumas indústrias, de águas drenadas em áreas agrícolas (devido ao uso de fertilizantes) e urbanas, além da introdução de resíduos orgânicos biodegradáveis nos ecossistemas aquáticos (com a degradação biológica desses resíduos são liberados sais nutrientes).

O nitrogênio pode ser encontrado na água nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. A amônia é um tóxico bastante restritivo à vida aquática, além de consumir oxigênio dissolvido da água ao ser oxidada. O nitrato é tóxico em concentrações elevadas, causando uma doença chamada metahemoglobinemia infantil (o nitrato se reduz a nitrito na corrente sanguínea, competindo com o oxigênio livre), o que é letal para crianças (São Paulo 2009 b).

O nitrogênio e o fósforo constituem-se em importantes nutrientes para os processos biológicos. Por serem geralmente encontrados em concentrações muito pequenas no meio aquático, esses nutrientes são considerados como os principais fatores de limitação do crescimento dos vegetais aquáticos. Assim, na maioria dos casos, a elevação de seus níveis de concentração tem como resposta o crescimento das populações de algas e plantas aquáticas superiores, caracterizando o processo de eutrofização do ecossistema aquático.

A eutrofização é um processo dinâmico, no qual ocorrem profundas modificações quantitativas e qualitativas no ecossistema aquático. O aumento da concentração de nutrientes implica não só o aumento da densidade de algas, mas também alterações qualitativas, como o surgimento de novas espécies e o desaparecimento de outras.

Nos lagos eutrofizados artificialmente observam-se, nos meses mais quentes do ano, altas densidades populacionais de algas, sobretudo as algas azuis (cianofíceas) dos gêneros *Oscillatoria*, *Mycrocystis*, *Anabaena* e *Aphanizomenon*, que ostentam florações características do processo de eutrofização artificial. Ao atingir esse estágio, a água do ecossistema lacustre se torna imprópria para o abastecimento, em especial pela alta quantidade de substâncias tóxicas, excretadas pelas algas e persistentes mesmo depois da aplicação dos tratamentos mais sofisticados. Na região litorânea, o intenso crescimento de algas filamentosas dificulta a penetração da luz na água e provoca a morte das formas jovens de plantas aquáticas enraizadas no sedimento, justamente aquelas que proporcionariam local adequado à desova dos peixes e à proliferação de organismos que lhes servem de alimento (Esteves, 1988).

O aumento de produção de matéria orgânica vegetal e animal em decorrência da eutrofização artificial tem como consequência direta o aumento da quantidade de detritos orgânicos (restos de matéria orgânica morta). A decomposição desses detritos por microrganismos consome quantidades expressivas de oxigênio. Quando o oxigênio esgota-se no ecossistema aquático, a decomposição anaeróbica da matéria orgânica passa a predominar no ecossistema. Como resultado, surgem outros gases resultantes da atividade das bactérias anaeróbicas, entre os quais o gás sulfídrico e o metano. São gases extremamente venenosos para a maioria dos organismos aquáticos, especialmente para os peixes. (...)'.

## 2. Metais pesados

Os metais pesados incluem substâncias como chumbo, cádmio, mercúrio, cromo e zinco. As principais fontes de metais pesados são os resíduos industriais. Esses contaminantes não podem ser destruídos e são altamente reativos quimicamente. Quando lançados na água podem ser absorvidos pelos seres vivos, concentrando-se ao longo das cadeias alimentares (processo de biomagnificação). Uma vez alcançado o mar, acabam sendo depositados no leito oceânico, representando um estoque permanente de contaminação para a biota (seres vivos).

Alguns elementos como o ferro, o zinco, o cobalto, o magnésio e o cromo trivalente, constituem-se em micronutrientes, sendo necessários em concentrações muito pequenas para o funcionamento dos organismos. Estes metais tornam-se tóxicos para os organismos quando ultrapassam determinadas concentrações limite.

Entretanto, metais como o chumbo, o mercúrio, o cádmio, o arsênio e o cromo hexavalente não existem naturalmente em nenhum organismo, nem desempenham funções biológicas. Logo, a presença destes metais é sempre prejudicial e está relacionada com a contaminação ambiental.

## Poluição física e físico-química da água

### • Poluição térmica

Os principais efeitos decorrentes da poluição térmica da água incluem: interferência na estratificação de densidade; na solubilidade dos gases (diminuição na concentração de oxigênio dissolvido na água com o aumento da temperatura dessa); na taxa de sedimentação do fitoplâncton; na tensão superficial; em reações químicas e no metabolismo dos organismos.

- **Poluição por sólidos em suspensão**

A introdução de sólidos em suspensão na água ocorre principalmente por meio de águas de escoamento superficial, carreando partículas de solo, em decorrência do problema de erosão. O aumento das partículas em suspensão interfere com a penetração de raios luminosos na água, limitando a produtividade primária aquática. Outra consequência do carregamento de partículas de solo nas águas de escoamento superficial é o assoreamento dos ecossistemas aquáticos.

### **Contaminação patogênica da água**

A contaminação patogênica da água está relacionada com o lançamento de esgotos sanitários na água sem o tratamento adequado. A introdução de bactérias, vírus, protozoários e helmintos é responsável por várias doenças de veiculação hídrica (cólera, hepatite A, etc...).

### **Qualidade da água**

Um parâmetro de qualidade da água refere-se a um indicador representativo de sua qualidade. A água para consumo humano deve atender a rigorosos critérios de qualidade, de modo a não causar prejuízos à saúde humana. Uma água própria para esse fim é chamada de água potável e as características a que a mesma deve atender são os denominados padrões de potabilidade (Mota, 1995). Os padrões de potabilidade encontram-se definidos na Portaria 1469 do Ministério da Saúde (29/12/2000). A Tabela 2.3 apresenta algumas substâncias indicadoras da qualidade da água de acordo com a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) (São Paulo 2009 b, modificado).

#### **Parâmetros físicos:**

- **Coloração**→indica o grau de redução da intensidade com que a luz atravessa uma amostra de água, estando associada com a presença de sólidos dissolvidos, orgânicos e inorgânicos.
- **Resíduo Total**→corresponde a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação de uma amostra de água. O resíduo total inclui as diversas frações de sólidos presentes na água, ou seja, os sólidos em suspensão e dissolvidos, diferenciados pelo tamanho das partículas e os sólidos fixos ou inorgânicos e voláteis ou orgânicos, diferenciados pela sua natureza química.
- **Temperatura**
- **Turbidez**→indica o grau de atenuação da intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar uma amostra de água, devido à presença de sólidos em suspensão.

#### **Parâmetros químicos:**

- **Concentração das substâncias:**  
alumínio, bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo, fenóis, ferro total, fluoretos, fósforo, manganês, mercúrio, níquel, oxigênio dissolvido, zinco.
- **Óleos e graxas**→indicam o conjunto de substâncias que um determinado solvente consegue extrair de amostra de água e que não se volatiliza durante a evaporação do solvente a 100°C. Essas substâncias incluem ácidos graxos, gorduras animais, sabões. Graxas. Óleos vegetais, ceras, óleos minerais, etc. São geralmente oriundas de despejos industriais, domésticos, de oficinas mecânicas, de postos de gasolina, estradas e vias públicas.

- **Série do Nitrogênio** (nitrogênio orgânico, amônia, nitrato, nitrito).
- **Surfactantes** (detergentes)
- **Condutividade**→corresponde a uma expressão numérica da capacidade de uma amostra de água conduzir a corrente elétrica, representando uma medida indireta da concentração de poluentes (presença de íons dissolvidos). Em geral, níveis superiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam ambientes impactados.
- **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)** → determinação que expressa a quantidade de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) necessária para a oxidação bioquímica das substâncias oxidáveis presentes numa amostra. Ex: Esgotos domésticos - DBO de 200 a 300  $\text{mg l}^{-1}$  → cada litro de esgoto, ao ser lançado no rio rouba-lhe 200 a 300 mg de  $\text{O}_2$ .
- **Demanda Química de Oxigênio**→determinação que expressa a quantidade de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) necessária para a oxidação da matéria orgânica por meio de um agente químico.
- **Potencial Hidrogeniônico (pH)**
- **Potencial de formação de trihalometanos**→medida de precursores de trihalometanos, que podem ser formados durante a cloração da água.

#### **Parâmetros microbiológicos**

- **Coliformes**→as bactérias do grupo coliforme total estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo. Dentro desse grupo diferenciam-se as bactérias coliformes fecais ou termotolerantes, as quais são restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente, incluindo o ser humano. A determinação da concentração de coliformes fecais constitui-se num parâmetro indicador da possibilidade de contaminação por organismos patogênicos associados com as fezes, responsáveis por doenças como febre tifóide, cólera, etc.

**Tabela 2.3 – Efeitos de substâncias químicas indicadoras da qualidade da água e padrões de potabilidade da água (São Paulo 2009 b, modificado).**

Substância	Efeitos	(mg/l) <sup>1</sup>
Ferro	confere cor e sabor à água; forma depósitos em canalizações	0,3
Cobre	prejudicial à saúde humana e à biota em doses excessivas; confere sabor às águas (5mg/l)	
Zinco	prejudicial à saúde humana em doses muito elevadas; confere sabor metálico às águas; muito tóxico para os peixes e algas	
Bário	efeitos sobre o sistema circulatório e nervoso, no ser humano.	1
Cádmio	extremamente tóxico aos seres vivos (precipita a secreção da mucosa produzida pelas brânquias dos peixes, que morrem por asfixia), produz no ser humano intoxicação aguda e crônica; é um agente cancerígeno, teratogênico e pode causar danos ao sistema reprodutor	0,005
Chumbo	extremamente tóxico aos seres vivos, produzindo no ser humano, intoxicação aguda e crônica (saturnismo); é um agente teratogênico); apresenta efeitos sobre os peixes similares ao cádmio	0,03
Cromo hexavalente	tóxico (dermatites, inflamação nasal); cancerígeno	
Fenol	extremamente tóxico; reage com o cloro livre formando o clorofenol (confere sabor e odor à água)	0,001
Mercúrio	extremamente tóxico aos seres vivos, produzindo no ser humano, intoxicação aguda (morte em até 10 dias) e crônica (alterações psicológicas e neurológicas)	0,001

<sup>1</sup> Padrão de potabilidade da água – Portaria 1469 do Ministério da Saúde

## Classificação dos corpos de água

Os corpos de águas doces podem ser enquadrados em 5 classes, de acordo com a qualidade requerida para os seus usos preponderantes: classe especial, classe I, classe II, classe III e classe IV (Quadro 2 , Resolução CONAMA nº 357). Para cada classe de água são definidos limites individuais para as substâncias indicadoras da qualidade da água (Brasil, 2005).

**Quadro 2 – Classificação das águas interiores segundo os usos preponderantes, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357, de 17/03/2005. Fonte: (Brasil, 2005).**

Usos preponderantes		Classes				
		E	I	II	III	IV
Abastecimento doméstico	com simples desinfecção	x				
	Após tratamento simplificado		x			
	Após tratamento convencional			x	x	
	Após tratamento avançado				x	
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas		x				
Preservação dos ambientes aquáticos em UC <sup>3</sup> de proteção integral		x				
Proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas			x			
Proteção das comunidades aquáticas			x	x		
Recreação de contato primário			x	x		
Recreação de contato secundário					x	
Irrigação	de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película		x			
	de hortaliças e plantas frutíferas, de parques e jardins, campos de esporte e lazer com os quais o público possa vir a ter contato direto.			x		
	de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras				x	
Aquicultura e à atividade de pesca				x		
Atividade de pesca amadora					x	
Dessedentação de animais					x	
Harmonia paisagística						x
Navegação						x

<sup>3</sup> UC: unidades de conservação.

## Valores orientadores para solo e água subterrânea

Os valores orientadores são concentrações de substâncias químicas que fornecem orientação sobre a condição de qualidade do solo e da água subterrânea e são utilizados como instrumentos para prevenção e controle da contaminação e gerenciamento de áreas contaminadas sob investigação. De acordo com o Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo (São Paulo, 2005) são definidos três valores orientadores:

**Valor de Referência de Qualidade – (VRQ)** é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea, que define um solo como limpo ou a qualidade natural da água subterrânea.

**Valor de Prevenção – (VP)** é a concentração de determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea. Este valor indica a qualidade de um solo capaz de sustentar as suas funções primárias, protegendo-se os receptores ecológicos e a qualidade das águas subterrâneas.

**Valor de Intervenção – (VI)** é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerado um cenário de exposição genérico. Para o solo, foram estabelecidos para cenários de exposição Agrícola-Área de Proteção Máxima, Residencial e Industrial. Acima dos valores de intervenção a área será considerada como contaminada sob investigação, devendo seguir os procedimentos de gerenciamento de áreas contaminadas.

A Tabela 2.4 apresenta, como exemplo, alguns valores orientadores para solo e água subterrânea.

**Tabela 2.4. Valores orientadores para solo e água subterrânea no Estado de São Paulo (São Paulo, 2005).**

Substância	Solo(mg.Kg <sup>-1</sup> de peso seco)					Água subterrânea (µg l <sup>-1</sup> )
	VQ	VP	VI			VI
			Agrícola	Residencial	Industrial	
Arsênio	3,5	15	35	55	150	10
Chumbo	17	72	180	300	900	10
Cobre	35	60	200	400	600	2000
Mercúrio	0,05	0,5	12	35	70	1
Níquel	13	30	70	100	130	20
Zinco	60	300	450	1000	2000	5000

## **Poluição radioativa - Efeitos biológicos das radiações ionizantes**

As radiações ionizantes são radiações de energia muito alta que conseguem remover elétrons de átomos e juntá-los a outros átomos, produzindo assim pares iônicos, positivos e negativos.

As radiações ionizantes incluem as partículas  $\alpha$  e  $\beta$  e a radiação eletromagnética  $\gamma$ . A radiação  $\alpha$  corresponde ao núcleo do átomo de hélio, deslocando-se no ar por poucos centímetros, mas quando barradas, produzem uma grande quantidade de ionização. As partículas  $\beta$  são elétrons de alta velocidade – partículas muito menores, que podem viajar vários metros no ar ou até uns dois centímetros de tecido, liberando a sua energia ao longo de um caminho mais longo. A radiação eletromagnética  $\gamma$ , assemelha-se à luz, sendo de comprimento de onda bem menor. Penetram os materiais biológicos com facilidade, liberando a sua energia através de longos caminhos (Odum, 1988).

A contaminação da biota (incluindo a população humana) com os radionuclídios (isótopos radioativos, isto é átomos que emitem radiação) pode ocorrer diretamente e mediante a concentração de radioisótopos ao longo da cadeia alimentar. Os efeitos biológicos das radiações ionizantes estão relacionados principalmente com a dose de radiação absorvida pelo organismo.

A radiação ionizante pode provocar a morte celular, comprometendo mais ou menos o órgão atingido, em função do grau de diferenciação celular. A radiação ionizante pode, também, causar danos ao material genético da célula, induzindo o processo de mutação genética. A mutação pode resultar em câncer, quando ocorre em células somáticas, ou em modificações genéticas nos descendentes, quando ocorre em células reprodutivas (NOUAILHETAS, 2003).

### **Parte III: Desenvolvimento econômico e conservação ambiental**

O desenvolvimento humano pode ser definido como “modificação da biosfera e a aplicação de recursos humanos e financeiros visando à satisfação das necessidades básicas e à melhoria da qualidade de vida humana” (IUCN,1984) . Deste modo, o desenvolvimento humano englobaria o desenvolvimento econômico e social. Historicamente, entretanto, a civilização humana tem adotado modelos de desenvolvimento, pautados apenas no aspecto do crescimento econômico, afastando-se de suas metas iniciais de atendimento às necessidades básicas da população. Neste modelo de desenvolvimento, apenas uma parcela da população humana tem acesso aos benefícios por ele gerados, restando à maioria, apenas as conseqüências associadas com os impactos ambientais resultantes das atividades humanas.

A constatação de que a biosfera tem uma capacidade limite para ser modificada, acima da qual perde sua capacidade funcional de sustentar a vida, tem conduzido a humanidade a repensar seus modelos de desenvolvimento. O modelo de desenvolvimento sustentável é uma forma de conciliar as necessidades de modificação da biosfera com a capacidade de suporte da mesma, de modo a garantir que os bens e serviços naturais estejam disponíveis também para as gerações vindouras (IUCN,1984).

Nesse modelo de desenvolvimento existe a preocupação com a manutenção dos bens e serviços ambientais, incluindo aqui a preocupação com as próximas gerações. Entretanto, continua um desafio para a sociedade humana definir qual a capacidade de suporte do planeta, considerando a grande desigualdade na distribuição da riqueza e, portanto, do consumo humano de recursos da biosfera. Com certeza, o padrão de consumo humano atual é insustentável, encontrando-se acima da capacidade de suporte da biosfera. O colapso na disponibilidade de recursos do planeta ainda não aconteceu devido à extrema desigualdade existente entre os padrões de consumo nas diversas regiões do planeta.

É urgente que a sociedade humana repense seu padrão atual de consumo e caminhe na direção da construção de uma sociedade sustentável. Neste momento, então, as estratégias baseadas num modelo de desenvolvimento sustentável podem ser plenamente efetivadas.

#### **Conservação da natureza e Desenvolvimento sustentável**

A conservação dos ecossistemas naturais ou da natureza significa sua manutenção enquanto ecossistemas formados como resultado do processo de sucessão ecológica de comunidades e, com capacidade de auto-sustentação. Um ecossistema natural pode ser mantido nesta condição, isto é, conservado, mesmo estando sujeito a ações modificadoras humanas. Entretanto, a partir de determinado grau de modificação ele pode perder sua capacidade auto-sustentadora e necessitar de manejo humano constante, de modo a garantir seu funcionamento ecológico.

A conservação dos ecossistemas naturais pode ser alcançada quando o ecossistema é totalmente preservado, isto é, quando nele não é permitida nenhuma forma de intervenção humana, mas também quando ele é utilizado de forma sustentável. Portanto, a utilização sustentável de recursos de um ecossistema apresenta-se como uma forma de conservar ecossistemas naturais e, ao mesmo tempo, representa uma das estratégias para implementação do desenvolvimento sustentável. Por outro lado, os ecossistemas construídos pelos seres humanos (agroecossistemas e cidades), podem também ser manejados de modo adequado, contribuindo para conservação da biosfera.

Como principais estratégias de desenvolvimento sustentável podem ser citadas:

1. Direcionamento do desenvolvimento humano para o atendimento às necessidades reais de consumo (consumo sustentável).
2. Utilização dos sistemas naturais (bens e serviços) de forma sustentável.
3. Conversão de sistemas naturais em sistemas antrópicos, apenas o imprescindível.
4. Priorização da utilização de áreas já modificadas antropicamente.
5. Conservação de parcela representativa dos sistemas naturais como áreas protegidas legais.
6. Utilização de práticas adequadas de manejo ambiental nas atividades antrópicas. (Ecoeficiência).

## **Planejamento Ambiental**

Planejar adequadamente a ocupação humana do ambiente é um instrumento importante para a concretização do desenvolvimento sustentável e conservação ambiental. O planejamento ambiental engloba o planejamento físico-territorial (ordenação dos espaços) e o planejamento sócio-econômico (Ferrari, 1991).

O processo de planejamento físico-territorial (ou físico-ambiental) envolve uma série de etapas, sendo que a primeira delas consiste na análise ou diagnóstico ambiental. Nessa etapa é realizada uma investigação das características ambientais e das interações existentes entre os componentes da paisagem. Numa etapa posterior, a paisagem poderá, então, ser avaliada, determinando-se quais os usos mais indicados, bem como quais as suas limitações, frente a tais usos (Freitas- Lima, 1997).

A conservação de porções de sistemas naturais numa paisagem antrópica é de extrema importância. A determinação da quantidade necessária de sistemas naturais para sustentar os sistemas urbano-industriais, entretanto, é complicada uma vez que muitas vezes tais áreas encontram-se situadas fora dos limites da cidade, ou até mesmo do país. Esse é o caso de cidades que necessitam de importar água, madeira, etc... de outras regiões. Além disso, a capacidade de manutenção da vida dos sistemas naturais varia em função de sua produtividade e do grau do impacto a que se encontram submetidos (Odum,1988).

Devem ser feitos esforços no sentido de aumentar o tamanho dos fragmentos naturais e providenciar a interligação entre os fragmentos isolados, na forma de corredores, com o objetivo de permitir que as espécies habitantes do interior do fragmento possam deslocar-se entre os fragmentos inter-conectados (maior disponibilidade de habitats para explorar; realização de trocas gênicas).

A criação desses corredores, entretanto, deve ser objeto de estudo, de modo a prevenir que a interligação entre fragmentos coloque espécies protegidas numa situação de vulnerabilidade, considerando-se a ligação com outros fragmentos de tamanho muito reduzido, ou a existência de corredores de largura insuficiente.

## **Ecoeficiência - Produção mais Limpa (PmaisL)**

O conceito de Produção mais Limpa insere-se no contexto da Ecoeficiência dos sistemas produtivos, estando relacionado mais especificamente com a redução da geração de resíduos e a minimização (se possível eliminação completa) de sua emissão no ambiente – emissão zero. Um sistema produtivo mais ecoeficiente gera menor quantidade de resíduos, considerando a mesma produção (produção mais limpa).

Além da redução na geração de resíduos, um sistema de produção mais ecoeficiente deve reaproveitar (reutilizar) e reciclar resíduos e providenciar um tratamento e disposição final adequados daqueles resíduos que restaram. Aparecem aqui, portanto, os 3 R's envolvidos no gerenciamento adequado de resíduos em um sistema produtivo ecoeficiente: Reduzir, Reutilizar e Reciclar.

## **Elementos da Ecoeficiência – Produção mais Limpa**

- Redução dos impactos negativos do ciclo de vida dos produtos, desde a extração da matéria-prima até a disposição final.
- Redução do consumo de matéria-prima e de energia.
- Eliminação do uso de materiais tóxicos e redução nas quantidades e toxicidade dos resíduos e emissões.
- Intensificar a reciclagem de materiais.
- Maximizar o uso sustentável de recursos renováveis.
- Prolongar a durabilidade dos produtos.
- Agregar valor aos bens e serviços.

## **Gerenciamento de resíduos**

O gerenciamento de resíduos significa o conjunto de atividades técnicas e administrativas envolvidas na coleta, segregação, manuseio, acondicionamento, tratamento, armazenamento, transporte e disposição final.

## **Resíduos sólidos**

Resíduos sólidos são todos aqueles resíduos nos estados sólido e semi – sólido que resultam da atividade da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, de serviços, de varrição ou agrícola. Incluem-se lodos de ETAS ( Estações de Tratamento de Água) e ETES ( Estações de Tratamento de Esgotos), resíduos gerados em equipamentos e instalações de controle da poluição, e líquidos que não possam ser lançados na rede pública de esgotos, em função de suas particularidades (NBR – 10004 – Resíduos Sólidos – Classificação, ABNT, 1987).

### **Classificação dos resíduos sólidos quanto à periculosidade (ABNT, 1987):**

- a) **resíduos classe I – perigosos** – quando representam risco à saúde pública ou ao meio ambiente. Consideram-se cinco critérios de periculosidade: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade. Caso uma amostra do resíduo em estudo seja enquadrada em pelo menos um dos critérios de periculosidade, será o mesmo considerado classe I – perigosos. Descartados os critérios de periculosidade, será realizado o ensaio de lixiviação. São, então, considerados classe I – perigosos, aqueles resíduos cujas amostras, submetidas ao teste de lixiviação, apresentaram nos extratos lixiviados, concentrações superiores às previstas na Listagem 7, Anexo G, da NBR – 10004. Se as concentrações forem inferiores às da Listagem 7, será realizado o ensaio de solubilização, a fim de avaliar se o resíduo é classe III.
- b) **Resíduos classe II – não inertes** – São aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – perigosos ou de resíduos classe III – inertes. Podem apresentar propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água (exemplos: papel, papelão, madeira, matéria vegetal, etc...).
- c) **Resíduos classe III – inertes** – São aqueles que, submetidos ao teste de solubilização, não tiveram nenhum dos seus constituintes solubilizados em concentrações superiores às previstas na Listagem 8, Anexo H, da NBR – 10004 (exemplos: rochas, tijolos, vidros e certos tipos de plásticos e borrachas).

Os resíduos radioativos ficam fora dessa classificação, por seu gerenciamento ser de competência do CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear).

### **Métodos de tratamento e deposição final para resíduos sólidos urbanos (RSU)**

- **Reciclagem: papel, vidro, metais, plásticos, resíduos orgânicos.**
  - **Compostagem:** é um processo de reciclagem possível de ser empregado no tratamento de resíduos orgânicos biodegradáveis. Constitui-se em um processo biológico aeróbio e controlado de transformação de resíduos orgânicos em resíduos estabilizados, com propriedades e características completamente diferentes do material que lhe deu origem. Esse resíduo estabilizado, rico em partículas orgânicas coloidais de estrutura complexa é denominado composto, sendo muito útil no condicionamento físico e fertilização dos solos (Bidone, 1999).
- **Biodigestão:** processo de tratamento biológico, envolvendo a decomposição anaeróbia de resíduos orgânicos, tendo como um de seus subprodutos, o gás metano.
- **Incineração:** processo de queima dos resíduos sólidos em uma câmara de incineração, na faixa de 800°C a 1000°C (Bidone, 1999). É indicado para tratamento de resíduos contaminados com microrganismos patogênicos, como os resíduos dos serviços de saúde.

- **Aterro Sanitário:** forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, dentro de critérios de engenharia e normas operacionais específicas, proporcionando confinamento seguro dos resíduos (normalmente, recobrimento com argila selecionada e compactada em níveis satisfatórios), evitando danos ou riscos à saúde pública e minimizando os impactos ambientais. Os critérios de engenharia incluem: sistemas de drenagem periférica e superficial para afastamento de águas de chuva, de drenagem de fundo para coleta do lixiviado, de sistema de tratamento do lixiviado drenado, de drenagem e queima de gases gerados durante o processo de bioestabilização da matéria orgânica. Outros cuidados especiais, durante a construção e operação do aterro, são a impermeabilização do fundo e das laterais; a canalização de córregos existentes no local; o recobrimento diário e sistemático dos resíduos, após sua compactação, com argila; o selamento e impermeabilização mínima das células de aterro após o alcance de sua altura útil e a recuperação paisagística do local, após seu tempo de vida útil (Bidone, 1999).

### **Métodos de tratamento e deposição final para resíduos industriais (Bidone, 1999):**

#### **Pré-tratamento** (para resíduos semi-sólidos):

- **estabilização:** processo de indução de trocas químicas no constituinte de um resíduo, transformando-o em formas menos solúveis e tóxicas, por meio de reações químicas que fixam elementos ou compostos tóxicos em polímeros impermeáveis ou em cristais estáveis.
- **solidificação (encapsulamento):** processo que produz uma massa sólida monolítica de um resíduo, melhorando a sua integridade estrutural e suas características físicas, permitindo que o material possa ser facilmente manuseado e transportado.

#### **Métodos de tratamento:**

- **processos de recuperação e reciclagem de materiais**, incluindo a **compostagem** (para resíduos orgânicos biodegradáveis).
- **processo de biodigestão** (para resíduos orgânicos biodegradáveis).
- **processos de modificação de propriedades** químicas (para resíduos semi-sólidos), visando reduzir a toxicidade e/ou facilitar a disposição final, incluindo: **oxidação, redução, neutralização, precipitação, troca iônica, recuperação eletrolítica, extração por solventes, flotação, adsorção, osmose reversa, eletrodialise e ultrafiltração.**

**Método de disposição final:** aterro industrial.

### **Métodos de tratamento e disposição final de resíduos (rejeitos) radioativos**

Os rejeitos radioativos incluem qualquer material resultante de atividades humanas que contenha radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção especificadas na Norma CNEN-NE-6.02, e para o qual a reutilização é imprópria ou não prevista. (CNEN, 2003). O tratamento dos rejeitos radioativos refere-se ao processamento físico e químico dos rejeitos para deixá-los numa forma adequada aos processos das etapas posteriores da gestão.

- **Tratamento dos rejeitos radioativos sólidos**

Os métodos empregados para redução do volume incluem a compactação e a incineração. Nesses métodos, os radionuclídeos não são removidos, ficando concentrados no rejeito compactado, nas cinzas e nos filtros, os quais são encaminhados para o repositório final. Os rejeitos sólidos que não podem ser compactados e que não são incinerados são simplesmente acondicionados em tambores ou caixas metálicas e encaminhados para o repositório final. Quando esses rejeitos são de média atividade, são antes encapsulados dentro dos tambores ou caixas, vertendo-se sobre eles uma pasta de cimento, betume fundido ou outro agente solidificante, para se obter um bloco monolítico (IPEN, 2003).

- **Tratamento dos rejeitos radioativos líquidos**

O tratamento de rejeitos radioativos líquidos consiste em uma ou mais etapas de processamento físico-químico, com o objetivo de reduzir o volume dos rejeitos e adequá-los às etapas seguintes do gerenciamento. Os processos mais comuns são: a neutralização (ajustamento de pH); a precipitação (adição de produtos químicos que reagem com as substâncias presentes nos rejeitos, formando sais insolúveis); a evaporação; a troca iônica (os radionuclídeos são fixados em resinas especiais) e a imobilização ou solidificação (transformação do rejeito líquido em um bloco sólido). Em todos esses processos os radionuclídeos não são eliminados, ficando retidos nos precipitados, lama, trocadores iônicos, etc, devendo ter seu acondicionamento e encaminhamento para o repositório final (IPEN, 2003).

- **Tratamento dos rejeitos radioativos gasosos**

Antes dos rejeitos gasosos (gases radioativos e aerossóis) serem lançados no meio ambiente, precisam passar por processos de tratamento como a filtração e a lavagem de gases. A lavagem de gases consiste na passagem dos gases, em fluxo ascendente, através de um duto no qual há uma chuva de gotas descendentes. Este contrafluxo de gotas é feito com uma solução líquida com propriedades apropriadas para reter as partículas em suspensão. Quando esta solução encontra-se saturada e precisa ser substituída, é tratada como rejeito radioativo líquido (IPEN, 2003).

- **Disposição final dos rejeitos radioativos**

A disposição final refere-se à colocação dos rejeitos radioativos no meio ambiente, de forma controlada, não recuperável e definitiva. Atualmente, a disposição final pode ser feita de duas maneiras: pela dispersão imediata no ambiente e pelo confinamento definitivo nos repositórios.

A dispersão deve ser adotada apenas quando estudos prévios asseguram que os riscos ecológicos e à saúde humana, decorrentes de tal prática, são inferiores àqueles aceitos pelas autoridades competentes.

O confinamento implica no isolamento dos rejeitos por longos períodos de tempo – da ordem de centenas a milhares de anos, dependendo da meia-vida dos radionuclídeos. Os repositórios são construções, em geral subterrâneas, projetadas e realizadas de modo a minimizar o contato antecipado do rejeito com a biosfera.

Os rejeitos contendo radionuclídeos de meia-vida intermediária ou longa e atividade baixa ou média são dispostos em repositórios construídos em profundidades da ordem de 30 metros. Os repositórios devem ser dotados de “barreiras de engenharia”, constituídas de camadas de concreto, argila e outros materiais impermeáveis ao redor das embalagens contendo os rejeitos.

Para os rejeitos de atividade alta, contendo radionuclídeos de meia-vida longa, o confinamento deve ser feito em profundidades de centenas de metros ou mais, em um meio geológico estável e com baixa permeabilidade à água (por exemplo, em minas de sal).

## **Resíduos líquidos**

Os esgotos urbanos, pela sua composição predominante de materiais orgânicos biodegradáveis podem ser tratados satisfatoriamente por meio de métodos de tratamento biológicos, tais como as lagoas de estabilização, os filtros biológicos e os sistemas de lodos ativados, dentre os muitos tipos existentes.

Os resíduos líquidos industriais que apresentarem composição predominante de materiais orgânicos biodegradáveis, podem ser tratados com os métodos biológicos de tratamento. Os resíduos líquidos industriais, com composição química caracteristicamente não biodegradável, ou tóxica, devem ser tratados por processos de modificação de propriedades químicas, incluindo: oxidação, redução, neutralização, precipitação, troca iônica, recuperação eletrolítica, extração por solventes, flotação, adsorção, osmose reversa, eletrodialise e ultrafiltração, etc.

Em vários desses processos, são produzidos outros resíduos, com menor volume e/ou maior estabilidade, incluindo lodos, lama, precipitados, filtros, resinas trocadoras iônicas, etc, os quais devem receber a destinação final adequada. Alguns dos processos químicos, acima mencionados, também podem resultar na recuperação de materiais dos resíduos, permitindo, assim, sua reciclagem.

### **Métodos de tratamento biológico para resíduos líquidos:**

- **Lagoas de estabilização**

Existem as lagoas de estabilização aeróbias, projetadas para funcionarem por intermédio da decomposição aeróbia do resíduo, sendo o oxigênio fornecido por fotossíntese e não por qualquer fonte externa. Existem, também, as lagoas anaeróbias e as facultativas.

- **Filtros biológicos**

Os filtros biológicos, ou mais apropriadamente, leitos bacterianos, são constituídos de um meio para colonização pelos microrganismos (cascalho, por exemplo), em que o resíduo a ser tratado percola. Forma-se um “filme”, ao redor da pedra (ou outro material constituinte do leito), constituído por microrganismos, os quais serão responsáveis pela depuração do resíduo.

- **Lodos ativados**

Esse sistema baseia-se na aeração do esgoto bruto, previamente decantado, num tanque de aeração primária, em que é formado um lodo biológico ou ativo, constituído por microrganismos, os quais serão os responsáveis pela decomposição da matéria orgânica presente no resíduo. Após o tanque de aeração primária, o lodo é decantado e, parte dele, recircula para o primeiro tanque, aumentando assim a eficiência de depuração biológica do resíduo.

## **Parte IV – Gestão Ambiental**

### **Gestão Ambiental: instrumentos.**

“A gestão ambiental consiste na administração do uso dos recursos naturais por meio de ações que visem manter ou recuperar a qualidade do meio ambiente, assegurando a produtividade dos recursos e o desenvolvimento social ao longo do tempo” (Pires,1995).

Existem basicamente dois tipos de abordagens no contexto da gestão ambiental: 1) a abordagem corretiva, relacionada com a adoção de medidas destinadas a recuperação ambiental e ao controle ambiental (orientação, controle, fiscalização e acompanhamento das atividades potencialmente poluidoras, por parte do poder público); e 2) a abordagem preventiva, relacionada com a adoção de medidas direcionadas para evitar a degradação ambiental e a utilização inadequada dos recursos naturais (planejamento ambiental e ferramentas a ele associadas - o zoneamento ambiental, a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) e o licenciamento ambiental de atividades potencialmente degradadoras (Pires,1995). A atual Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) apresenta uma orientação voltada principalmente para a gestão ambiental preventiva.

### **Política Ambiental – abordagem histórica**

A I Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Conferência de Estocolmo), realizada em 1972, constitui-se um marco fundamental na Política Ambiental global, representando um primeiro fórum de discussão dos problemas ambientais. Os principais documentos resultantes desta conferência foram a “Declaração sobre o Ambiente Humano” ou “Declaração de Estocolmo” e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA).

Em 1987 é aprovado e divulgado pela ONU o relatório “Nosso Futuro Comum”. O documento, que relaciona 109 recomendações destinadas a concretizar os propósitos emanados de Estocolmo (1972), foi elaborado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Comissão Brundtland – Harlem Brundtland era a Primeira Ministra da Suécia, na época). Neste documento aparece publicado pela primeira vez o conceito de desenvolvimento sustentável.

Um outro acontecimento importante em 1987 foi a elaboração do Protocolo de Montreal. Este acordo internacional determinava a redução de 50% na produção e consumo de CFCs até o ano 2000. Em 1990, os países – membros do Protocolo de Montreal acordaram em banir completamente os CFCs até 2000. Em 1992, por meio das Emendas de Copenhague, foi decidido que os países desenvolvidos baniriam completamente os CFCs já em 1996. O Brasil como um país em desenvolvimento teria até o ano de 2010 para banir completamente as substâncias destruidoras da camada de ozônio. Entretanto, o Brasil resolveu diminuir esse prazo para 2007, quando não será mais permitida a importação de CFCs, os quais não são mais produzidos aqui, desde 1999.

Em 1992 foi realizada, no Rio de Janeiro a II Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio 92). Esta Conferência foi um marco importante na discussão do modelo vigente de desenvolvimento econômico. Como resultado da conferência foi produzido o documento Agenda 21, um programa pautado em princípios de desenvolvimento sustentável, para ser colocado em prática pelos países, ao longo do século 21. Durante a Rio 92 ocorreu a I Conferência das Partes sobre mudanças climáticas globais.

Em 1997 foi elaborado o Protocolo de Kyoto, o qual estabelece metas de redução nas emissões de gases estufa para os países desenvolvidos (Anexo 1), em média 5%, em relação ao total emitido em 1990. A redução das emissões deve ocorrer no período entre 2008 e 2012, equivalendo a um corte de cerca 5 bilhões de toneladas de gases estufa na atmosfera.

O Protocolo prevê ainda o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, o qual possibilita a venda de créditos de carbono, ou seja, quotas de redução de emissões pelos países em desenvolvimento, sem metas de redução de gases estufa, para os países do Anexo 1 do Protocolo de Kyoto.

Atualmente o Aquecimento Global é considerado um dos principais problemas ambientais, no cenário da Política Ambiental internacional. No ano de 2007 três importantes relatórios foram divulgados sobre o assunto, demonstrando de forma mais precisa a origem humana do problema, suas principais causas e conseqüências, além das medidas mitigadoras necessárias (IPCC, 2007<sub>a</sub>, IPCC, 2007<sub>b</sub> e IPCC, 2007<sub>c</sub>).

Nesse contexto, já é discutida a formulação de um novo tratado, para substituir Kyoto, dada às exigências que a nova situação investigada suscita. De acordo com o terceiro relatório do IPCC, seria necessário um corte de cerca de 750 bilhões de toneladas de gases estufa, até o ano de 2100, para limitar o acréscimo da temperatura global a 2° C. Esforços maiores devem ser implementados por todos os países, inclusive as economias emergentes, no cenário atual.

## **Legislação Ambiental Brasileira**

### **Lei 6938 – Política Nacional de Meio Ambiente**

A atual Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), regida pela Lei 6938 de 31/08/1981 apresenta como alguns de seus instrumentos: o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental, o zoneamento ambiental, a avaliação de impactos ambientais, o licenciamento ambiental, a criação de áreas legalmente protegidas e a aplicação de penalidades disciplinares ou compensatórias ao não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção de degradação ambiental (Brasil, 1981).

A Lei 6938 apresenta, ainda, a estruturação do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), composto por órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos territórios e dos Municípios, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental. O órgão superior do SISNAMA é o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), com a função de assistir o Presidente da República na formulação de diretrizes da PNMA. O órgão central do SISNAMA é o IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente), com a função de promover, disciplinar e avaliar a implementação da PNMA.

### **Lei 9605 - Lei de Crimes Ambientais**

Em 12 de fevereiro de 1998, foi aprovada a Lei de Crimes Ambientais, Lei 9605 (Brasil, 1998), a qual dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas lesivas ao meio ambiente. Essa lei apresenta algumas importantes inovações tais como:

- consolidação da legislação ambiental, anteriormente composta por leis esparsas;
- definição da responsabilidade da pessoa jurídica e permissão da responsabilização também da pessoa física autora ou co-autora da infração;
- possibilidade de substituição de penas de prisão por penas alternativas, como a prestação de serviços à comunidade;
- descriminalização do abate de animais da fauna silvestre, quando o objetivo é saciar a fome do agente ou de sua família;
- considera crime qualquer mau trato ou abuso contra animais domésticos, nativos ou exóticos;

- considera crimes experiências dolorosas ou cruéis com animais vivos, ainda que para fins didáticos ou científicos, quando existirem recursos alternativos;
- considera crime a prática de pichar, grafitar ou de qualquer forma conspurcar edificação ou monumento urbano;
- considera crime fabricar, vender, transportar ou soltar balões, pelo risco de causar incêndios em florestas e áreas urbanas;
- considera crime a destruição, dano, lesão ou maus tratos às plantas de ornamentação;
- considera crime o impedimento do uso público das praias;
- considera crime o desmatamento não autorizado, além de ficar sujeito a pesadas multas;
- considera crime a compra, venda, transporte e armazenamento de madeira, lenha ou carvão, sem licença da autoridade competente;
- considera crime a afirmação falsa ou enganosa, por parte de funcionário de órgão ambiental, além da omissão ou sonegação de informações em procedimentos de licenciamento ambiental.

Considera crime ambiental ainda, dentre outros:

- a destruição, danificação ou o corte de árvores em florestas, consideradas de preservação permanente, sem permissão da autoridade competente;
- a extração de pedras, areia, cal ou qualquer espécie de minerais de florestas de domínio público ou consideradas de preservação permanente, sem prévia autorização;
- causar dano às Unidades de Conservação;
- causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem em danos à saúde humana ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora;
- promover a construção em solo não edificável, ou no seu entorno, sem autorização da autoridade competente.
- construir, reformar, ampliar, instalar ou fazer funcionar, em qualquer parte do território nacional, estabelecimentos, obras ou serviços potencialmente poluidores, sem licença ou autorização dos órgãos ambientais competentes, ou contrariando as normas legais e regulamentares pertinentes.

### **Lei 9433 - Lei Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**

A Lei Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Lei 9433, de 8 de janeiro de 1997a) (Brasil, 1997a) define a política de recursos hídricos no Brasil e cria o Sistema Nacional para o Gerenciamento de Recursos Hídricos, integrado pelos seguintes órgãos: o Conselho Nacional de Recursos Hídricos; a Agência Nacional das Águas; os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; os comitês de bacia hidrográfica; os órgãos do governo cujas competências se relacionem com a gestão dos recursos hídricos e as agências de água. Uma característica relevante de tal sistema é a importância dada à participação pública, em todos os plenários que o constituem, desde o Conselho Nacional de Recursos Hídricos até os comitês de bacias hidrográficas, como forma de legitimar a decisão e também garantir sua implementação.

Os principais instrumentos que devem ser utilizados para viabilizar a implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos, incluem:

- I) os Planos de Recursos Hídricos;
- II) o enquadramento dos corpos de água em classes de usos preponderantes;
- III) a outorga de direitos de uso dos recursos hídricos;
- IV) a cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
- V) e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

No Estado de São Paulo, a Lei Estadual Nº 7663, instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos, dividindo o Estado em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHs. As UGRHs foram definidas considerando-se as bacias hidrográficas dos principais rios do Estado. Cada UGRH deve ser gerenciada pelos respectivos Comitês de Bacias, com participação dos governos estadual, municipal, além da sociedade civil.

A Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água, as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. De acordo com esta resolução, o enquadramento dos corpos de água superficiais significa o “estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo” (Brasil, 2005). Alguns artigos importantes da Resolução CONAMA 357 incluem:

Art. 3. As águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade.

Parágrafo único. As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes.

Art. 24. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

Art. 42. Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondentes.

### **Lei 10257 - Estatuto das cidades**

A lei federal nº 10257 (Estatuto das cidades), de 10 de julho de 2001 estabelece as diretrizes gerais da política urbana no Brasil, apresentando como um importante instrumento de planejamento ambiental, no nível municipal, o **plano diretor municipal**. O capítulo 3 dessa lei, estabelece que (BRASIL,2001a):

Art. 39. A propriedade urbana cumpre sua função social quando atende às exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no plano diretor...

Art. 40. O plano diretor, aprovado por lei municipal, é *o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana*.

§ 1º O plano diretor é parte integrante do processo de planejamento municipal, devendo o plano plurianual, as diretrizes orçamentárias e o orçamento anual incorporar as diretrizes e as prioridades nele contidas.

§ 2º ***O plano diretor deverá englobar o território do Município como um todo.***

§ 3º A lei que instituir o plano diretor deverá ser revista, pelo menos, a cada dez anos.

## **Lei 9985 - o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC)**

A Lei 9985, de 18 de junho de 2000, instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), estabelecendo critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades (Brasil, 2000).

As UCs representam espaços territoriais legalmente instituídos pelo Poder Público, com limites definidos e sob regime especial de administração. As UCs constituem-se em uma das categorias de Áreas Protegidas Legais.

As unidades de conservação integrantes do SNUC dividem-se em dois grupos, com características específicas:

- I - Unidade de Proteção Integral;
- II - Unidade de Uso Sustentável.

O objetivo básico das unidades de Proteção Integral é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. O objetivo básico das Unidades de Uso Sustentável é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela de seus recursos naturais. O grupo das Unidades de Proteção Integral é composto pelas seguintes categorias de unidades de conservação:

- I - Estação Ecológica;
- II - Reserva Biológica;
- III - Parque Nacional;
- IV - Monumento Natural;
- V - Refúgio de Vida Silvestre.

O grupo das Unidades de Uso Sustentável é constituído pelas seguintes categorias de unidades de conservação:

- I - Área de Proteção Ambiental;
- II - Área De Relevante Interesse Ecológico;
- III - Floresta Nacional;
- IV - Reserva Extrativista;
- V - Reserva de Fauna;
- VI - Reserva de Desenvolvimento Sustentável;
- VII - Reserva Particular do Patrimônio Natural.

## **Lei nº 4771, alterada pela Lei nº 7803 - Áreas de Preservação Permanentes e Reservas Legais**

As **Áreas de Preservação Permanentes e Reservas Legais** representam categorias de **Áreas Protegidas Legais**.

As **Áreas de Preservação Permanente** “são áreas protegidas nos termos dos artigos 2 e 3 do Código Florestal (Lei nº 4771, alterada pela Lei nº 7803, de 18/07/89), cobertas ou não com vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem – estar das populações humanas” ” (Medida Provisória N 2166-67, de 24/08/2001) (BRASIL,2001b). Com base nas Resoluções CONAMA N ° 302 (Brasil, 2002a) e Resolução CONAMA N ° 303, (Brasil, 2002b), ambas de 20 de março de 2002, são consideradas **Áreas de Preservação Permanente**, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d água desde o seu nível mais alto em faixa marginal, cuja largura mínima seja:

- 1 - de 30 metros para os cursos d'água de menos de 10 metros de largura;
- 2 - de 50 metros para os cursos d'água que tenham de 10 a 50 metros de largura;
- 3 - de 100 metros para os cursos d'água que tenham de 50 a 200 metros de largura;
- 4 - de 200 metros para os cursos d'água que tenham de 200 a 600 metros de largura;
- 5 - de 500 metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 metros de largura;
- b) ao redor das lagoas e lagos, desde o seu nível mais alto medido horizontalmente, em faixa marginal cuja largura mínima será:
  - 1 - de 30 metros para os que estejam situados em áreas urbanas;
  - 2 - de 100 metros para os que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d'água com até 20 hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 metros;
- c) ao redor dos reservatórios artificiais, cuja largura mínima, medida a partir do nível máximo normal, seja de:
  - 1 - 30 metros para os situados em áreas urbanas consolidadas e 100 metros para as áreas rurais;
  - 2 - 15 metros para os de geração de energia elétrica com até 10 hectares;
  - 3 - 15 metros para os não utilizados em abastecimento público ou geração de energia elétrica, com até 20 hectares de superfície e localizados em área rural.
- d) nas nascentes permanentes ou temporárias, incluindo os olhos d'água e veredas, seja qual for sua situação topográfica, com uma faixa mínima de 50 metros e a partir de sua margem, de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia de drenagem contribuinte;
- f) no topo dos morros, montes e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 da altura mínima de elevação em relação à base;
- g) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 100% ou 45° na sua linha de maior declive;
- h) nas restingas, em faixa mínima de 300 metros a contar da linha de preamar máxima;
- i) nas dunas, como vegetação fixadora;
- j) nos manguezais, em toda sua extensão;
- l) nas bordas de tabuleiro ou chapadas, em faixa de largura mínima de 100 metros;
- m) em altitude superior a 1800 metros, qualquer que seja sua vegetação;
- n) nas áreas metropolitanas definidas em lei, quando a vegetação natural se encontra em clímax, em estágios médios e avançados de regeneração.

As **Reservas Legais** correspondem a “áreas localizadas no interior de uma propriedade rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção da fauna e flora nativas” (Medida Provisória N 2166-67, de 24/08/2001) (BRASIL,2001b).

De acordo com a MP 2166-67 (Brasil, 2001b), “as florestas e outras formas de vegetação nativa, ressalvadas as situadas em área de preservação permanente, assim como aquelas não sujeitas ao regime de utilização limitada ou objeto de legislação específica, são suscetíveis de supressão, desde que sejam mantidas, a título de **reserva legal**, no mínimo:

- I – oitenta por cento, na propriedade rural situada em área de floresta localizada na Amazônia Legal;
- II – trinta e cinco por cento, na propriedade rural localizada em área de cerrado, localizada na Amazônia Legal;
- III – vinte por cento, na propriedade rural situada em área de floresta ou outras formas de vegetação nativa, localizada nas demais regiões do país.

A Reserva Legal deverá ser averbada à margem da inscrição de matrícula do imóvel, no registro de imóveis competente, sendo vedada a alteração de sua destinação, nos casos de transmissão, a qualquer título, ou desmembramento da área.

A permissão para a exploração florestal na área não incluída como Área de Preservação Permanente, nem como Reserva Legal, depende de qual região ela se situe, o que geralmente é determinado em legislação estadual específica. A exploração de vegetação nativa fora dos limites da Reserva Legal, está condicionada à aprovação prévia da autoridade competente.

### **Resolução CONAMA n° 1/86 – Avaliação de Impactos Ambientais**

A avaliação de impactos ambientais é um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), previstos na Lei n° 6.938/81 (BRASIL, 2003a). A Resolução CONAMA 1, de 23/01/86 (BRASIL, 1986), apresenta os critérios básicos e as diretrizes gerais para sua implementação. De acordo com esta Resolução, dependerá da elaboração de estudo de impacto ambiental (EIA) e respectivo relatório de impacto ambiental (RIMA), o licenciamento ambiental das seguintes atividades modificadoras do ambiente:

- 1 - estradas de rodagem com duas ou mais faixas de rolamento;
- 2 - ferrovias;
- 3 - portos e terminais de minério, petróleo e produtos químicos;
- 4 - aeroportos
- 5 - oleodutos, gasodutos, minerodutos, troncos coletores e emissários de esgotos sanitários;
- 6 - linhas de transmissão de energia elétrica, acima de 230 kV;
- 7 - obras hidráulicas para a exploração de recursos hídricos, tais como: barragem para fins hidrelétricos, acima de 10 MW, de saneamento ou de irrigação, retificação de cursos d'água, abertura de canais para navegação, drenagem e irrigação, abertura de barragens e embocaduras, transposição de bacias, diques;
- 8 - extração de combustível fóssil (petróleo, xisto, carvão);
- 9 - extração de minério
- 10 - aterros sanitários, processamento e destino final de resíduos tóxicos ou perigosos;
- 11 - usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10 MW;
- 12 - complexo de unidades industriais e agroindustriais (petroquímicos, siderúrgicos, cloroquímicos, destilarias de álcool, hulha, extração e cultivo de recursos hidróbios);
- 13 - distritos industriais e zonas estritamente industriais - ZEI;
- 14 - exploração econômica de madeira ou de lenha, em áreas acima de 100 hectares;
- 15 - projetos urbanísticos, acima de 100 hectares;
- 16 - qualquer atividade que utilizar carvão vegetal, derivados ou produtos similares, em quantidade superior a 10 toneladas por dia;
- 17 - projetos agropecuários que contemplem áreas acima de 1000 hectares.

O estudo de impacto ambiental deverá obedecer às seguintes diretrizes gerais:

1. contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização de projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto;
2. identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade;
3. definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza;
4. considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto e sua compatibilidade.

O estudo de impacto ambiental desenvolverá, no mínimo, as seguintes atividades técnicas:

- 1 - diagnóstico ambiental da área de influência do projeto, completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como existem, de modo a caracterizar a situação ambiental da área, antes da implantação do projeto, considerando o meio físico, o meio biológico e os ecossistemas naturais e, o meio sócio-econômico.

- 2 - análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas;

- 3 - definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos;

- 4 - elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos negativos.

O Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) refletirá as conclusões do estudo de impacto ambiental, devendo conter, no mínimo:

- 1 - os objetivos e justificativas do projeto, sua relação e compatibilidade com as políticas setoriais, planos e programas governamentais;

- 2 - a descrição do projeto e de suas alternativas tecnológicas e locacionais;

- 3 - a síntese dos resultados dos estudos de diagnóstico ambiental da área de influência do projeto;

- 4 - a descrição dos prováveis impactos ambientais da implantação e operação da atividade;

- 5 - a caracterização da qualidade ambiental futura da área de influência, comparando as diferentes situações da adoção do projeto e suas alternativas, bem como a hipótese de sua não realização;

- 6 - a descrição do efeito esperado das medidas mitigadoras previstas;

- 7 - o programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos;

- 8 - a recomendação quanto à alternativa mais favorável (conclusões e comentários de ordem geral).

### **Resolução CONAMA nº 237/97 - Licenciamento Ambiental**

A Resolução CONAMA nº 237/97 (Brasil 1997b) regulamenta os procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental, de forma a efetivar a utilização do sistema de licenciamento como instrumento de gestão ambiental, instituído pela Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/81).

O Licenciamento Ambiental tem como objetivo a preservação, a melhoria e a recuperação da qualidade ambiental propícia a vida, visando assegurar, no país, condições ao desenvolvimento sócio - econômico e a proteção da dignidade da vida humana. A construção, instalação, ampliação e funcionamento de quaisquer estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, considerados efetiva ou potencialmente poluidores, bem como os capazes sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, no Território Nacional, dependem de prévio licenciamento. O Licenciamento Ambiental é caracterizado por três fases distintas:

#### **1. Licença Prévia - LP**

É o documento que deve ser solicitado na fase preliminar de planejamento da atividade, correspondente à fase de estudos para definição da localização do empreendimento.

#### **2. Licença de Instalação - LI**

É o documento que deve ser solicitado antes da implantação do empreendimento.

#### **3. Licença de Operação - LO**

É o documento que deve ser solicitado antes da operação do empreendimento.

O licenciamento ambiental de determinadas atividades pressupõe a realização de uma avaliação prévia de seus impactos ambientais. A elaboração do EIA/RIMA está inserida no processo do licenciamento ambiental. A aprovação do EIA/RIMA, pelos órgãos ambientais competentes, habilita o empreendimento a receber a licença prévia. Entretanto, cabe ressaltar, que o início das obras para a instalação do empreendimento só pode ser autorizado, após a concessão da licença de instalação.

O início das atividades de operação do empreendimento, por sua vez, está condicionado à concessão da licença de operação, obtida após a comprovação da implementação das medidas preconizadas nas etapas anteriores do processo de licenciamento ambiental.

## Referências Bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10.004 – Resíduos sólidos** – Classificação. São Paulo, 1987. 63p.
- BIDONE, F.R.A. & POVINELLI, J. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. São Carlos, EESC/USP, 1999. 120p.
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei 6766**, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do Solo Urbano e dá outras providências. Disponível em: [Http:\www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6966.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6966.htm).
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei 6938**, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: [Http:\www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm).
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 1**, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe a Avaliação de Impacto Ambiental. Disponível em: [Http:\www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm](http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm).
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 3**, de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre os padrões de qualidade do ar. Disponível em: [Http:\www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm](http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm).
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei 9433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. Disponível em: [Http:\www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm).
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 237**, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre o licenciamento ambiental. Disponível em: [Http:\www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm](http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm).
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei 9605 (Lei de Crimes Ambientais)**, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências. Disponível em: [Http:\www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9605.htm).
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei 9985**, de 18 de junho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação e dá outras providências. Disponível em: [Http:\www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9985.htm).
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **MEDIDA PROVISÓRIA No 2.166-67**, de 24 de agosto de 2001. Altera os arts. 1o, 4o, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei no 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, e dá outras providências. Disponível em: [Http:\www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/MPV/2166-67.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/MPV/2166-67.htm).
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei 10257 (Estatuto das Cidades)**, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os art. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: [Http:\www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L10257.htm).
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 302**, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanentes de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Disponível em: [Http:\www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm](http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm).
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 303**, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanentes. Disponível em: [Http:\www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm](http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm).

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água. Disponível em: [Http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm](http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm).
- COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR (CNEN). **Gerência de rejeitos radioativos em instalações radiativas. Resolução CNEN – 19/85**. Disponível em: [Http://www.cnen.gov.br](http://www.cnen.gov.br). Acesso em: 24 de outubro de 2003.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência: FINEP, 1988.575p.
- FERRARI, C. **Curso de planejamento municipal integrado: urbanismo**. 7ed. São Paulo, Pioneira, 1991. 631 p.
- FREITAS-LIMA, E.A C. **Estudo da paisagem do Município de Ilha Solteira-SP: subsídios para o planejamento físico-ambiental**. São Carlos, UFScar, 1997. 120p. (Tese de doutorado).
- INSTITUTO DE PESQUISAS EM ENERGIA NUCLEAR (IPEN). **Gestão dos rejeitos radioativos**. Disponível em: [Http://www.ipen.gov.br](http://www.ipen.gov.br). Acesso em: 24 de outubro de 2003.
- INSTITUTO INTERNACIONAL PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA (IUCN). **Estratégia mundial para a conservação: a conservação dos recursos vivos para um desenvolvimento sustentado**. São Paulo, CESP, 1984.
- MOTA, S. **Preservação e Conservação de Recursos Hídricos**. Rio de Janeiro: ABES. 1995. 200p.
- NOUAILHETAS, Y. **Radiações ionizantes e a vida**. Disponível em: [Http://www.cnen.gov.br](http://www.cnen.gov.br). Acesso em: 24 de outubro de 2003.
- ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro, Interamericana. 1985. 434p.
- PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (IPCC). **Mudança do Clima 2007: a base das Ciências Físicas. Sumário para os formuladores de políticas**. 2007. 27p.
- PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (IPCC). **Mudança do Clima 2007: impactos, adaptação e vulnerabilidade à mudança do clima. Sumário para os formuladores de políticas**. 2007. 30p.
- PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (IPCC). **Mudança do Clima 2007: mitigação da mudança do clima. Sumário para os formuladores de políticas**. 2007. 42p.
- PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo, Nobel. 1988. 549p.
- PIRES, J. S. R. **Análise ambiental voltada ao planejamento e gerenciamento do ambiente rural: abordagem metodológica aplicada ao Município de Luiz Antônio - SP**. São Carlos, UFScar, 1995. 194p. (Tese de Doutorado).
- RICKLEFS, R. A **Economia da Natureza: um livro-texto em Ecologia Básica**. Guanabara Koogan. 2003. 503p.
- SÃO PAULO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). **Valores orientadores para solo e água subterrânea**. 2005. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/valores.asp>.
- SÃO PAULO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). **Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo 2008**. CETESB, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/publicacoes.asp>.
- SÃO PAULO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2008**. CETESB, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/publicacoes.asp>.