

Benedita Aglai O. da Silva
Deia Maria Ferreira
Maria Cristina Lemos Ramos
Paulo Pedrosa Andrade

Elementos de Ecologia e Conservação





Fundação

CECIERJ

Consórcio **cederj**

Centro de Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro

Elementos de Ecologia e Conservação

Volume 2 – Módulo 2
2ª edição

Benedita Aglai O. da Silva
Deia Maria Ferreira
Maria Cristina Lemos Ramos
Paulo Pedrosa Andrade



**GOVERNO DO
Rio de Janeiro**

**SECRETARIA DE
CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

Ministério
da Educação



Apoio:



FAPERJ

Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo
à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro

Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

Rua Visconde de Niterói, 1364 - Mangueira - Rio de Janeiro, RJ - CEP 20943-001

Tel.: (21) 2299-4565 Fax: (21) 2568-0725

Presidente

Carlos Eduardo Bielschowsky

Vice-Presidente de Educação Superior a Distância

Celso José da Costa

Diretor de Material Didático

Carlos Eduardo Bielschowsky

Coordenação do Curso de Biologia

UENF - Ana Beatriz Garcia

UFRJ - Masako Oya Masuda

UERJ - Cibele Schwanke

Material Didático

ELABORAÇÃO DE CONTEÚDO

Benedita Aglai O. da Silva

Deia Maria Ferreira

Maria Cristina Lemos Ramos

Paulo Pedrosa Andrade

EDITORIAL

Tereza Queiroz

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Jane Castellani

COORDENAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL

Cristine Costa Barreto

COORDENAÇÃO DE LINGUAGEM

Maria Angélica Alves

REVISÃO TÉCNICA

Marta Abdala

REVISÃO TIPOGRÁFICA

Ana Tereza de Andrade

Anna Maria Osborne

Jane Castellani

Márcia Pinheiro

Sandra Valéria F. de Oliveira

Kátia Ferreira

COORDENAÇÃO GRÁFICA

Jorge Moura

PROGRAMAÇÃO VISUAL

Marta Strauch

Ronaldo d'Aguilar Silva

ILUSTRAÇÃO

Jefferson Caçador

CAPA

Alexandre d' Oliveira

PRODUÇÃO GRÁFICA

Andréa Dias Fiães

Fábio Rapello Alencar

Copyright © 2005, Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e gravada, por qualquer meio eletrônico, mecânico, por fotocópia e outros, sem a prévia autorização, por escrito, da Fundação.

S586e

Silva, Benedita Aglai O. da.

Elementos de ecologia e conservação v.2 / Benedita Aglai O. da Silva.

2.ed. – Rio de Janeiro : Fundação CECIERJ, 2007.

240p.; 19 x 26,5 cm.

ISBN: 85-89200-51-5

1. Biomas. 2. Poluição. 3. Desequilíbrio ecológico. 4. Conservação do meio ambiente. 5. Recursos naturais. I. Ferreira, Deia Maria.

II. Ramos, Maria Cristina Lemos. III. Andrade, Paulo Pedrosa. IV. Título.

CDD: 577

Governo do Estado do Rio de Janeiro

Governador
Sérgio Cabral Filho

Secretário de Estado de Ciência, Tecnologia e Inovação
Alexandre Cardoso

Universidades Consorciadas

**UENF - UNIVERSIDADE ESTADUAL DO
NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO**
Reitor: Raimundo Braz Filho

**UERJ - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO
RIO DE JANEIRO**
Reitor: Nival Nunes de Almeida

UFF - UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
Reitor: Cícero Mauro Fialho Rodrigues

**UFRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO DE JANEIRO**
Reitor: Aloísio Teixeira

**UFRRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL
DO RIO DE JANEIRO**
Reitor: Ricardo Motta Miranda

**UNIRIO - UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO
DO RIO DE JANEIRO**
Reitora: Malvina Tania Tuttman

Elementos de Ecologia e Conservação

Volume 2 - Módulo 2

SUMÁRIO

Aula 14 – Biomas	7
Aula 15 – Biomas com ênfase no Brasil	37
Aula 16 – Recursos naturais renováveis e não renováveis	59
Aula 17 – Poluição I	75
Aula 18 – Poluição II	93
Aula 19 – Desequilíbrios ecológicos 1 – desmatamento, erosão e enchentes	105
Aula 20 – Desequilíbrios ecológicos 2 – estudo de caso: Baía de Guanabara	115
Aula 21 – Desequilíbrios ecológicos 3 – o sistema agrícola	127
Aula 22 – Desequilíbrios ecológicos 4 – Estudo de caso: o Lago Batata	149
Aula 23 – Novas tecnologias e meio ambiente	165
Aula 24 – Medidas de conservação do meio ambiente	183
Aula 25 – Medidas de conservação do meio ambiente: água, solo e ar	199
Gabarito	211
Referências	229

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Reconhecer as principais causas das distribuições geográficas dos organismos no tempo geológico e atual.
- Reconhecer os tipos de biomas e suas características principais.
- Aprender a respeito de algumas das alterações na superfície da Terra no tempo, como as características que afetam a distribuição de organismos, os fatores que causam desigual distribuição de organismos e os principais biomas que são formados por esta desigual distribuição.

INTRODUÇÃO

PLANISFÉRIO

Mapa que representa uma superfície plana para os dois hemisférios terrestres.

Agora que já vimos os fatores do meio físico, os componentes do solo, as transferências de energia e matéria, vamos falar sobre a distribuição geográfica de organismos na Terra.

Observemos este **PLANISFÉRIO** a seguir. Ele contém as principais formações vegetais existentes na Terra. Veja que existe uma desigual distribuição ao longo das diferentes latitudes. Aqui estão representados os grandes biomas, que são grandes formações vegetais da Terra.

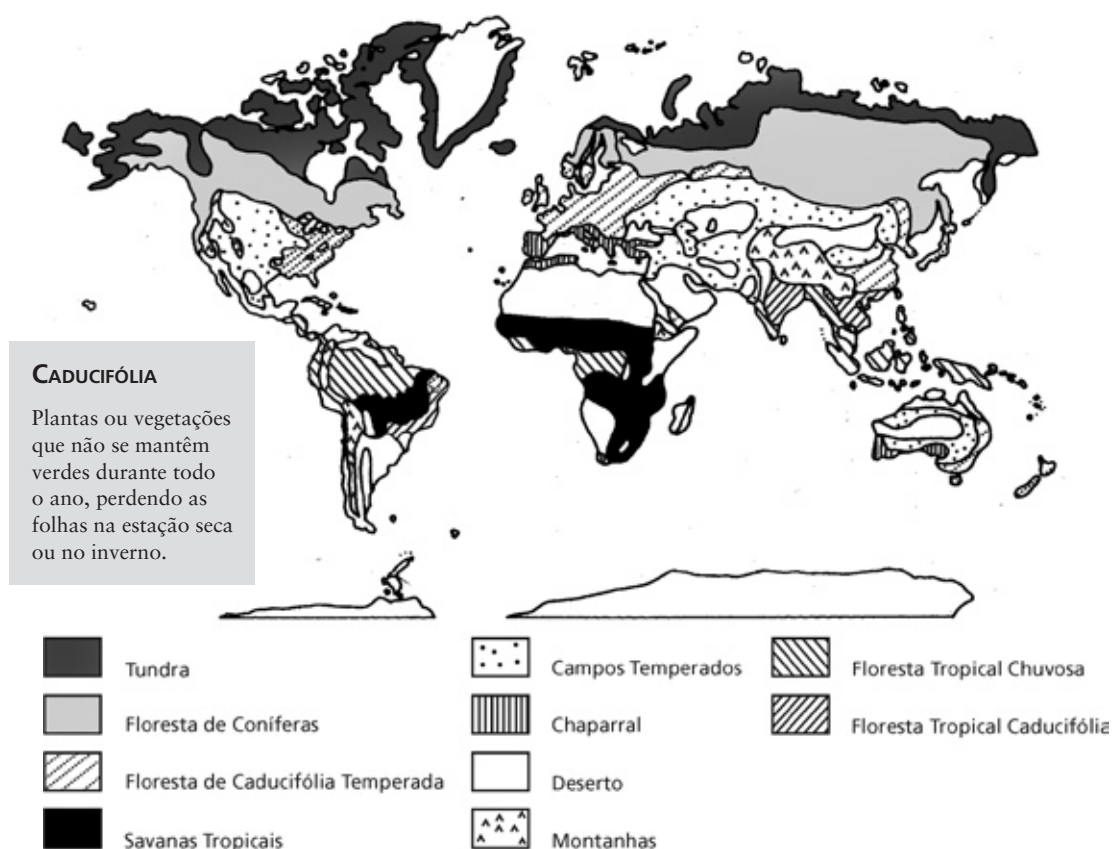


Figura 14.1: Principais biomas, muitos dos quais ainda não foram bem estudados, como os tropicais.

BIOTA

Conjunto de organismos de uma região, componentes de todas as categorias ecológicas: produtores, consumidores e decompositores.

Quais as causas desta desigual distribuição? Por que não encontramos todos os organismos em todos os locais da terra? Quais as causas das diferentes distribuições geográficas de organismos? Por que a composição taxonômica varia de uma **BIOTA** para outra?

Todo e qualquer **TÁXON** ocorre sobre a Terra em uma extensão determinada, que é a sua *área de distribuição*. O estudo das distribuições geográficas é feito pela Biogeografia. A Biogeografia relaciona-se intimamente com a Ecologia, a Geologia e a Paleontologia, pois alguns tipos de respostas para explicar a distribuição de organismos são mais ecológicas, enquanto outras são mais históricas. Uma compreensão dos padrões atuais de distribuição depende do conhecimento das modificações históricas dos climas, geografia e distribuições das espécies. A Biogeografia desempenhou um importante papel nas origens da Teoria da Evolução. Parte da inspiração que levou Darwin à convicção de que a origem das espécies vem de suas observações sobre distribuições de espécies semelhantes de aves e tartarugas na Ilhas Galápagos e das semelhanças e diferenças entre mamíferos fósseis e recentes na América do Sul.

O ambiente no qual os organismos evoluíram sofreu mudanças muito grandes, onde influências astronômicas, a própria dinâmica da Terra e as atividades dos organismos tiveram seu papel. Apresentaremos um resumo das principais alterações na Terra ao longo do tempo que contribuíram para a atual distribuição de organismos.

A superfície da Terra se formou há 4,5 bilhões de anos e a vida surgiu há cerca de 3,5 bilhões de anos. As primeiras mudanças na Terra datam do **ARQUEANO**. Após a formação de terras e mares, a evolução química culmina com o surgimento das primeiras bactérias anaeróbias, que promovem síntese anaeróbia. Nesta mesma época, o vapor d'água começa a se condensar, formando lagos e mares. O ambiente é reducional, sem oxigênio livre. A evolução de organismos fotossintetizantes, há cerca de 3,2 bilhões de anos, criou uma atmosfera oxidante.

Há cerca de 600 milhões de anos já havia formação da camada de ozônio que filtrava o ultravioleta para a atmosfera. Veja que, ao mesmo tempo que surgem os organismos fotossintetizantes, a atmosfera terrestre vai mudando, gradualmente, de uma atmosfera reducional, pobre em oxigênio, para uma atmosfera oxidante, rica neste mesmo gás. Tem início, desde o surgimento dos primeiros seres vivos, um interminável processo de evolução dos organismos em consonância com seus ambientes, uma estreita ligação entre o mundo físico e o mundo biológico, tornando-os indissociáveis. A Terra proporciona um cenário de eterna mudança para o desenvolvimento dos sistemas biológicos.

TÁXON

A sistemática classifica organismos em espécies, e estas espécies são combinadas em grupos hierárquicos (gêneros, famílias, ordens). Cada conjunto ou grupo é um táxon.

ARQUEANO

Era geológica entre 4.000 e 2.500 milhões de anos, designa os terrenos primitivos não-fossilíferos.

Por milhões de anos de história da Terra, os animais e plantas testemunharam as mudanças de climas, as mudanças na configuração de terras e mares, ou seja, as mudanças nas posições dos continentes e dos leitos oceânicos, o crescimento e desgaste das montanhas, o impacto de corpos extraterrestres. A história da vida se revela nos registros geoquímicos de ambientes do passado, nos traços fósseis deixados pelos grupos extintos, nas distribuições geográficas e relações evolutivas das espécies vivas. Para os ecólogos, a história biológica levanta dois problemas potenciais, segundo Ricklefs (1996). O primeiro é que a estrutura e o funcionamento dos organismos podem tanto ser influenciados pela ancestralidade como pelo ambiente local. O segundo problema levantado pela história biológica é que a história e a Biogeografia também afetam a diversificação de espécies.

Vamos rever um pouco do intervalo de tempo entre os últimos 600 milhões de anos e a atualidade. Este período foi dividido em uma série de eras, períodos e épocas. A primeira destas divisões é a era Paleozóica, que significa época dos “velhos animais”; depois temos a era Mesozóica, a dos “animais do meio” e a era Cenozóica, a dos “animais recentes”. Estas divisões coincidem com grandes mudanças registradas pelos fósseis encontrados. Veja a tabela a seguir, que contém eventos que marcaram as modificações na crosta terrestre, assim como épocas de surgimento, domínio e declínio de grupos de seres vivos que se alternaram na história ecológica da Terra. Consulte-a para acompanhar nossa aula daqui em diante.

Tabela 1: História Ecológica da Terra.

M.a.	Era	Per.	Época	Ambientes, Flora e Fauna
001			Holoceno Pleistoceno	Regressões e transgressões marinhas; depósitos sedimentares; formação dos cinturões climáticos; domínio de angiospermas; extinção de grandes mamíferos; evolução do homo e ampla distribuição por todos os continentes: surgimento das civilizações; agricultura humana.
010		Terciário	Plioceno, Mioceno, Oligoceno, Eoceno, Paleoceno	Continentes ocupam posições próximas às atuais; intensa orogênese: formação da América Central e do Istmo do Panamá; radiação das angiospermas, surgem as herbáceas; radiação dos mamíferos, aves, insetos polinizadores, primeiros primatas.
140	MESOZOICA	Cretáceo		Separação dos continentes; formação do arco de ilhas entre as duas Américas que servem de escala de migração à fauna e flora; grandes extinções; diversificação das angiospermas, estruturas das flores sugerem polinização por insetos; declínio dos saúrios, surge o primeiro placentário, diversificação de mamíferos, surgem os peixes teleosteos; insetos polinizadores.
200		Jurássico		Alterações na crosta terrestre: fragmentação do Pangea e formação de novos oceanos; extinção e formação de novos habitats; domínio das gimnospermas; surgem as angiospermas; Gondwana: ampla oportunidade de fluxo gênico e migração; saúrios diversificados; surgem as aves; mamíferos arcaicos.
240		Triássico	Triássico	Diversificação de habitats; barreiras oceânicas e novos litorais; declínio das pterófitas e expansão de gimnospermas; surgem os grandes saúrios, os primeiros mamíferos e os anfíbios modernos.
280	PALEOZOICA	Permiano	Permiano	Glaciações ao sul do Gondwana; redução de mares rasos: extinções marinhas; continentes agregados num único continente, o Pangea: fragmentação e deslocamento para o norte; declínio de plantas primitivas, Gondwana: flora temperada; radiação de répteis, declínio de anfíbios; diversificação de insetos.
360		Carbonífero		Variações no nível do mar; origem do carvão de pedra: acúmulo de matéria orgânica; as camadas de carvão são intercaladas com depósitos marinhos, resultantes de transgressão e regressão marinhas; extensas florestas de plantas vasculares; flora tropical em Laurasia. Irradiam gimnospermas (anemócoras e anemófilas); dispersão por sementes; surgem os répteis.
405		Devoniano		Colonização de ambientes terrestres: novas adaptações; baixa o nível do mar: extinção massiva ao final do período; terras do norte começam a consolidar-se: Laurasia; matas mais antigas: dominam as pterófitas; flora archaeopteris; surgem as briófitas e as gimnospermas idade dos peixes: surgem os ósseos e depois os cartilaginosos; surgem os anfíbios e os insetos diversificação de nichos ecológicos: predadores, necrófagos, herbívoros, simbioses.

M.a.	Era	Per.	Época	Ambientes, Flora e Fauna
425	P A L E O Z Ó I C A	Siluriano		Vida terrestre; Gondwana era maior massa de terra; Laurasia fragmentada em vários blocos. Formação de solos orgânicos; primeiras plantas terrestres simples: dependência da água para reprodução; surgem os vertebrados com mandíbula e estruturas em forma de nadadeiras; surgem os anfioxos; animais terrestres: escorpiões, miriápodes.
500		Ordoviciano		Habitat marinho; extinção massiva – mudanças climáticas bruscas; 1 ^{os} vertebrados (peixes primitivos).
600		Cambriano		Todos os seres são de habitat aquático; aumento de O ₂ livre (já formava ozônio e filtrava U-V); pouca atividade geológica; aparecimento da maioria dos filos animais e algas diversificadas.
670				Habitat aquático, abrigou formas elementares de vida; primeiras clorofíceas.
800				Idade do Ferro (O ₂ livre); grandes movimentos tectônicos: surgem as principais massas de terra.
2.000				Atmosfera rica em oxigênio, ambiente passa de redutor a oxidante. Glaciações entre 2500 e 700 m.a.a Fotossíntese aeróbica; cianobactérias.
2.500 3.500	A R Q U E A N A			Atmosfera pobre em oxigênio, vapor d'água começa a se condensar nas depressões: lagos e mares; síntese anaeróbica; e surgimento dos primeiros seres fotossintetizantes.
4.500				Formação do planeta Terra, formação de mares e continentes, desprendimento de O ₂ de reações inorgânicas.

Fonte: Salgado-Laboriau (1994) e Futuyma (1993).

A superfície da Terra tem apresentado padrões diferentes no que diz respeito à distribuição de terras e mares através da história. O movimento de massas continentais na superfície do planeta é atualmente comprovado pela teoria da **TECTÔNICA DE PLACAS**. O processo tem duas consequências para os sistemas ecológicos. Primeiro, as posições dos continentes e das bacias oceânicas influenciam os padrões de clima; segundo, o deslocamento continental faz e desfaz barreiras ao deslocamento dos organismos, conectando e desconectando faixas de terra durante o tempo.

Vamos tomar como exemplos os eventos mais recentes, cujos conhecimentos afloram a partir do início do século XX e se aperfeiçoam nos dias atuais devido ao avanço tecnológico de datação e identificação de rochas e fósseis.

Até 600 milhões de anos atrás, todos os seres vivos eram de habitat aquático e viveram num período marcado por poucas atividades geológicas na crosta terrestre. Observe em nossa tabela que há cerca de 500 milhões de anos todas as classes modernas de invertebrados já existiam. No **Siluriano** (420 milhões de anos atrás), surgem as primeiras plantas e animais terrestres. Um dos fatores que pode ter contribuído para a conquista do ambiente terrestre foi o desenvolvimento da camada de ozônio, capaz de filtrar excesso de raios ultravioletas, que são promotores de mutações. A conquista dos continentes (dos ambientes terrestres) trouxe inovações evolutivas que permitiram a existência de vida terrestre. Tanto as plantas quanto os animais desenvolveram estruturas que os tornaram mais independentes da água. No caso dos animais, carapaças que impedem a dessecação e estruturas de deslocamento, como patas. No caso dos vegetais, as primeiras plantas terrestres eram dotadas de **traqueófitos**, possuíam revestimento externo, eram eretas, a poucos centímetros do solo, desprovidas de folhas, e a fecundação se dava por meio de esporos, portanto, ainda na dependência de meio líquido para reprodução e dispersão.

TECTÔNICA DE PLACAS

Teoria que surge por volta de 1960 e explica a formação, topografia, estrutura e deslocamentos da crosta terrestre.

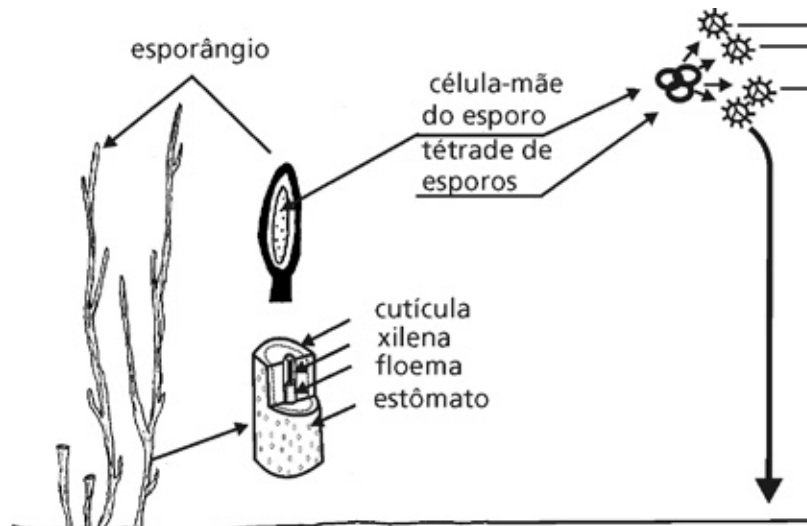


Figura 14.2: Ciclo de vida de *Rhynia* (Psilopsida), uma das mais antigas plantas terrestres. (Fonte: Salgado-Laboriau, 1994).

Com o aparecimento dos vegetais e animais em ambientes terrestres, teve início a formação dos solos orgânicos. Plantas e animais estabelecidos sobre substratos inconsolidados (fragmentos de rochas, como areias e argilas), começam a receber matéria orgânica morta que se mistura aos grãos, retendo água e nutrientes. Nesta nova estrutura, o solo é, também, um novo ambiente, e aí são selecionados e se desenvolvem organismos capazes de se deslocar entre os grãos e respirar o oxigênio retido entre os grãos. São seres que vivem, também, na obscuridade e que se alimentam desta matéria morta, fragmentando as partes mortas dos vegetais e animais, aumentando a superfície de ataque de bactérias e fungos. Mais uma vez, vemos seres vivos e ambiente físico formando estruturas novas. Os solos orgânicos e este folhicho em decomposição serão observados em nossos trabalhos de campo nas matas e restingas.

Na mesma época, surgem, nos ambientes aquáticos, os primeiros vertebrados que são desprovidos de mandíbula e, em seguida, surgem os mandibulados, com nadadeiras, que constituem a origem das patas e dos pés dos animais terrestres. Os continentes do sul já formavam uma massa continental, enquanto os do norte (Siluriano) estavam fragmentados em vários blocos.

DEVONIANO

(400 milhões de anos atrás) é também conhecido como a Idade dos Peixes.

O **DEVONIANO** (400 milhões de anos atrás) é também conhecido como a Idade dos Peixes, por abrigar grande radiação de peixes, surgindo primeiro os ósseos e depois os cartilaginosos.

As terras do norte começam a se consolidar no que seria mais tarde o grande continente Laurasia. Neste período, surgem as florestas mais antigas, dominadas por pterófitas. A flora de *Archaeopteris*, plantas de 9 a 12 metros de altura, caracterizam particularidades do ambiente terrestre: estruturas especializadas em diferentes funções, como folhas desenvolvidas que realizam a fotossíntese e as trocas gasosas, através dos estômatos, assim como apresentam sistema radicular bem desenvolvido, com função de absorção de nutrientes. A reprodução destas plantas, as mais primitivas das terrestres, continua, assim como na atualidade, na dependência da água como parte do processo de reprodução. Esta flora é encontrada na Rússia, Irlanda, Canadá e Estados Unidos da América. Ao final do período, baixa o nível do mar, levando a uma extinção massiva de organismos aquáticos.

Na passagem carbonífero-permiano, extensas florestas de plantas vasculares de 30-40 metros de altura, flora de terras quentes e úmidas, indicam a existência de uma zona tropical em Laurasia, com representantes encontrados nos Estados Unidos da América, Grã-Bretanha e Alemanha. Isso indica que estas terras ocupavam latitudes mais baixas por abrigarem flora tropical. A flora tropical era dominada por gimnospermas que eram polinizadas, dispersas pelo vento e já possuíam sementes. Note que a reprodução não depende mais da água como nas pterófitas e o vento é o agente polinizador e dispersor.

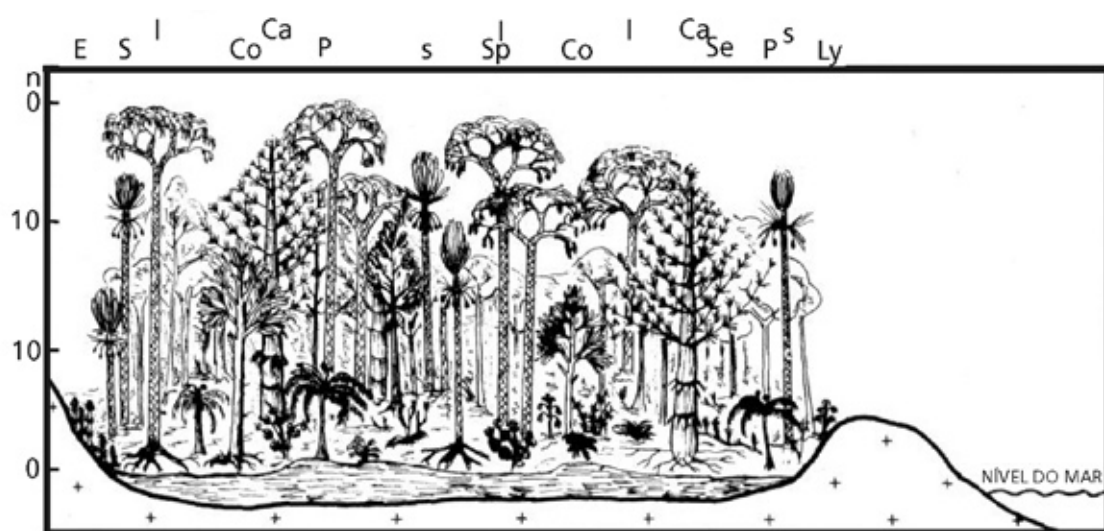


Figura 14.3: Vegetação terrestre do Carbonífero, formando florestas que deram origem ao carvão-de-pedra.
Fonte: Salgado-Laboriau, 1994.

Este também é um período marcado por glaciações no extremo-sul do Gondwana. A presença de tilitos, rochas sedimentares que se depositam sob espessas camadas de gelo, indicam a junção dos continentes desta era geológica. A ocorrência, com comprovação de fósseis da flora temperada de *Glossopteris* (Figura 14.4), encontrada na Austrália, Índia, África do Sul e América do Sul, marca uma época de clima temperado. No Brasil, a flora permiana encontra-se representada na bacia do Paraná.

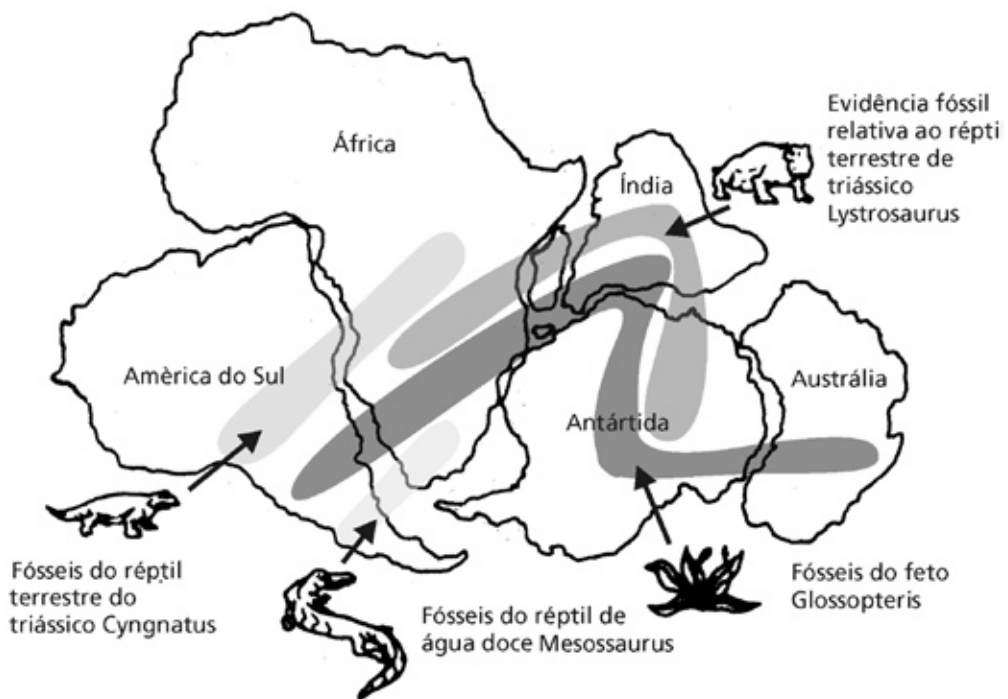


Figura 14.4: Flora de *Glossopteris* de clima temperado.

As glaciações extinguiram mares rasos, causando grandes extinções marinhas. Ao final do período permiano, todos os continentes estão agregados no supercontinente Pangea, assim permanecendo por cerca de 50 milhões de anos, tempo em que grupos de seres vivos se movimentaram sem maiores barreiras, pois a massa de terra continental era única.

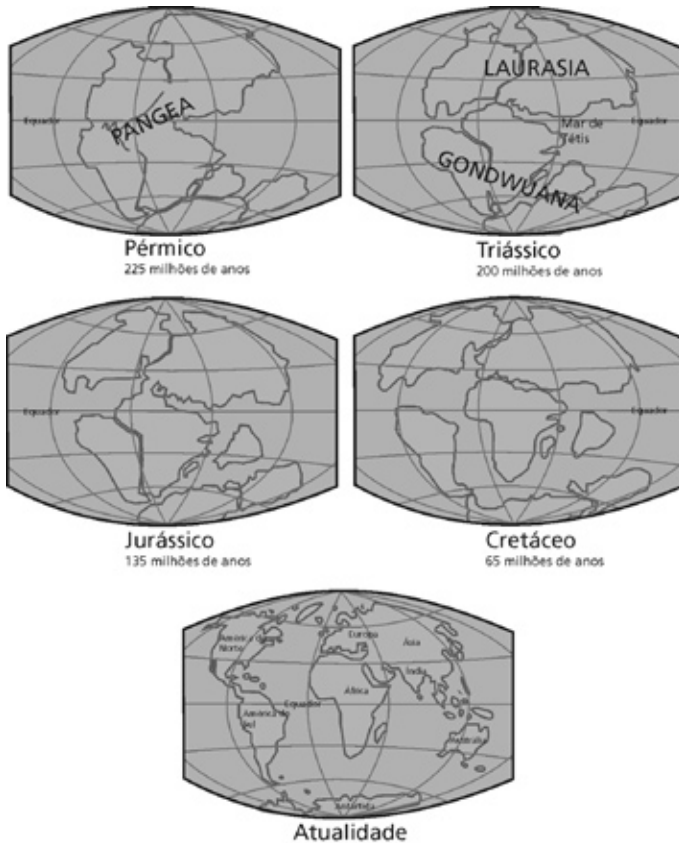


Figura 14.5: Disposição de grandes massas continentais desde o Triássico médio até os dias de hoje.

No Jurássico, a crosta terrestre inicia um processo de grandes mudanças com a fragmentação e formação de novos oceanos. Inicialmente, o Atlântico Norte surge entre a América e a Eurásia.

Há cerca de 135 milhões de anos, no início do Cretáceo, os continentes do norte que formavam a Laurasia separam-se dos continentes do sul que formavam o Gondwana. Nesta mesma época, o Gondwana começa a se dividir em três partes; o Gondwana do oeste, incluindo África e América do Sul; o Gondwana do leste, incluindo a Antártida e a Austrália, e a Índia, que se separa da atual África e se dirige para o Sudeste Asiático. Ao final do período Cretáceo, a América do Sul e África estavam completamente separadas.

Muitos detalhes dos deslocamentos dos continentes ainda têm de ser resolvidos. No entanto, a história passada entre os continentes é sustentada pela distribuição de plantas e animais. Tomemos como exemplo a atual distribuição das aves ratitas, que são aves que não voam. As famílias vivas das aves ratitas, que são um grupo **MONOFILÉTICO**, ocorrem hoje com a seguinte distribuição:

MONOFILÉTICO

Que surgiu a partir de um único ramo evolutivo, de um único ancestral.

Struthionidae	- avestruz:	África
Rheidae	- ema:	América do Sul
Dromiceiidae	- emu:	Austrália
Casuariidae	- casuar:	Austrália e Nova Guiné
Apterygidae	- kiwi:	Nova Zelândia
Tinamidae	- inhambu:	América tropical

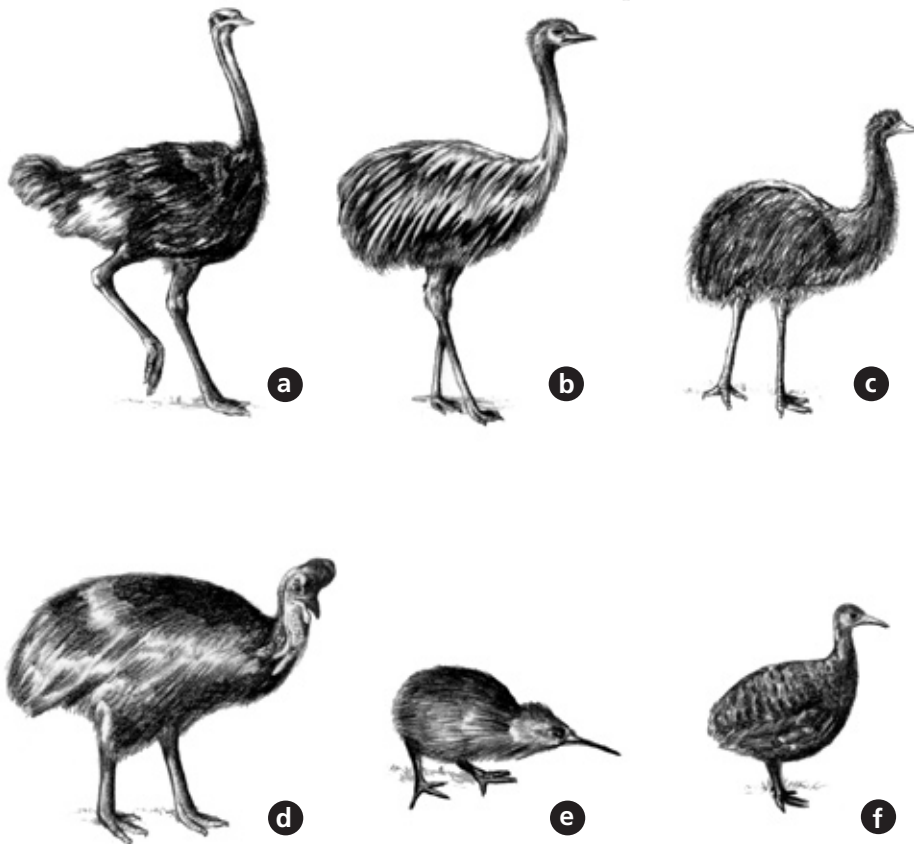


Figura 14.6: As famílias vivas das aves ratitas que não voam. (a) Struthionidae (avestruz), África. (b) Rheidae (ema), América do Sul. (c) Dromiceiidae (emu), (d) Austrália. Casuariidae (casuar), Austrália e Nova Guiné, (e) Apterygidae (kiwi), Nova Zelândia. (f) Tinamidae (inhambu), América do Sul.
Fonte: Futuyma.

HIBRIDIZAÇÃO DNA-DNA

Permite observar o grau de complementaridade em sequência de pares de bases de duas ou mais espécies e inferir o grau de parentesco entre elas.

A certeza de que estes grupos são monofiléticos vem da morfologia e **HIBRIDIZAÇÃO DNA-DNA** que indicam que são, de fato, um grupo que possui um único ancestral conhecido. Esta distribuição comprova que estas aves, após separação dos continentes, perderam contato e se isolaram reprodutivamente. A disjunção gerou, em cada família, diferentes pressões de seleção, evoluindo características diferentes em resposta a ambientes distintos.



Figura 14.7: Início de formação da América Central no final do Cretáceo. Observe em negro onde terminavam as Américas do Sul e do Norte.

No Cretáceo, forma-se também o arco de ilhas entre América do Norte e América do Sul, resultante da separação do supercontinente. No Terciário, período marcado de intensa **OROGÊNESE**, forma-se a América Central e o Istmo do Panamá. A separação de blocos de Terra gera uma possibilidade de formação de novas espécies. De forma inversa, o surgimento de pontes terrestres proporciona a ampliação da área de ocorrência de algumas espécies, através da dispersão. Veja a distribuição da família **DIDELPHIDAE** no presente. Todos os gêneros são originários da América do Sul. Durante o Pleistoceno, invadiram a América Central e daí chegaram à América do Norte.

OROGÊNESE

Que diz respeito aos movimentos da crosta terrestre que formam as montanhas.

DIDELPHIDAE

Família a que pertencem o gambá, a mucura, o opossum, o jupati e a cuíca.

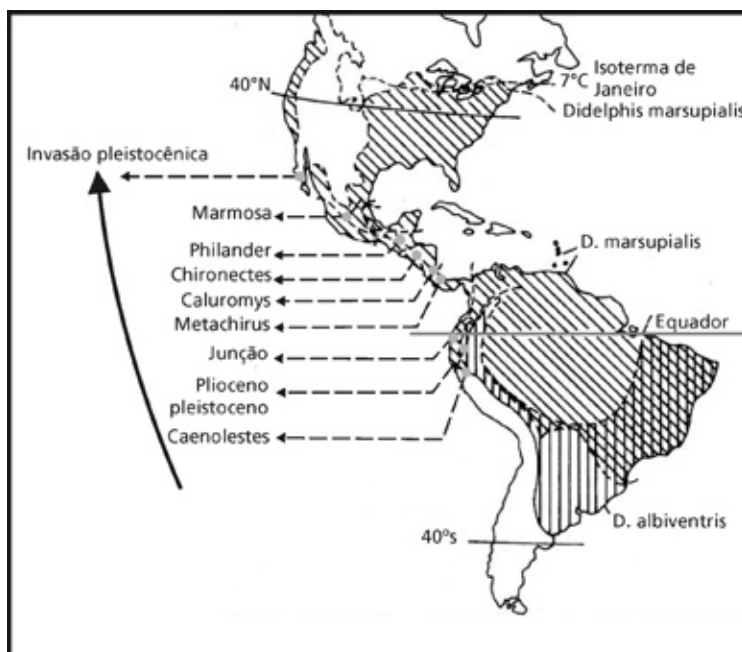


Figura 14.8: Distribuição da família Didelphidae no presente. Todos os gêneros são originários da América do Sul e migraram via América Central para a América do Norte.

Ao final do Cretáceo houve contato entre o noroeste da América do Norte e o nordeste da Sibéria. Os camelídeos que se originaram na América do Norte migram via Istmo Alasca-Sibéria e chegam à Ásia e África e à América do Sul. O isolamento reprodutivo e as novas condições ecológicas encontradas dão como resultado o camelo e o dromedário no hemisfério norte e a lhama, a alpaca e a vicunha nos Andes sul-americanos.

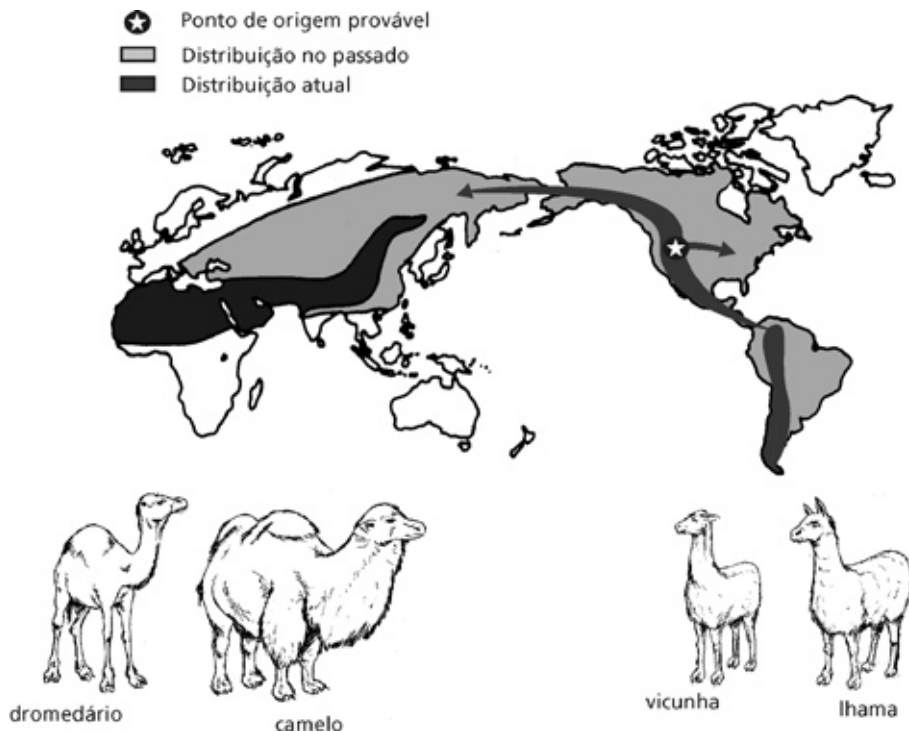


Figura 14.9: Distribuição passada e atual dos camelídeos. Fonte: BSCS p. 188.

DISPERSÃO

Capacidade de deslocamento das espécies de uma região a outra, seja pelo vento, água, animais ou pelos próprios meios.

ENDÊMICAS

Espécies únicas que estão limitadas a áreas restritas, não encontradas em outras localidades, ocorrem somente numa determinada área.

Tanto a **DISPERSÃO** como a **disjunção** de populações pela tectônica de placas ou pela extinção de populações intermediárias influenciaram a distribuição das espécies. A composição de organismos de qualquer região tem uma história de diversificação **ENDÊMICAS**, de disjunção e invasão de diferentes grupos de uma ou mais regiões em diferentes tempos do passado. A variação geográfica na diversidade de espécies foi influenciada por todos esses processos e, portanto, tem um componente histórico, mas provavelmente também é influenciado pelos fatores ecológicos que agem no presente: fatores como a distribuição regional dos climas, a organização da vegetação, a predação, a competição, obtenção de recursos, local de abrigo e acasalamento.

Para encontrar novas relações como as que acabamos de mencionar, basta continuar consultando a tabela sobre as grandes modificações ambientais na Terra.

As mudanças na configuração de terras e mares promovem alterações climáticas e estas imprimem uma dinâmica à biota regional, extinguindo grupos de seres vivos e proporcionando expansão de área de ocorrência a tantos outros. Os padrões climáticos dependem, em última instância, da energia recebida do Sol, que aquece as terras e os mares, e evapora a água. A distribuição de calor depende, então, da circulação dos oceanos, que é dirigida pela rotação da Terra e restringida pelos continentes. Conexões e disjunções proporcionam mudanças climáticas e mudanças climáticas geram possibilidades de experimentações biológicas, fazendo surgir novas espécies e extinguindo outras tantas. O vai-e-vem climático gera efeitos sobre a distribuição de plantas e animais.

Assim, compreender a atual distribuição de organismos na Terra envolve conhecimentos de seus aspectos histórico e ecológico. Já vimos um pouco das influências da história geoecológica da Terra. Vamos agora verificar como os fatores locais, na atualidade, atuam nas diferentes distribuições. Os geógrafos e os ecólogos se preocupam com a distribuição da vegetação no globo, suas relações com os tipos de solo e de climas e adotam um certo número de classificações, muitas das quais se baseiam em alguns critérios: o primeiro é a importância que a estrutura da vegetação tem em uma dada região. A estrutura está baseada nas propriedades físicas, forma exterior das plantas, tamanho e organização. Os outros critérios incluem as formas de crescimento das plantas, seu tamanho, a estratificação, o grau de cobertura do solo, a periodicidade e forma das folhas. É sobre cada um destes critérios que vamos falar agora.

a) **As Formas de crescimento** das plantas dominantes, sua organização e ordenação no espaço: delineiam o tipo de vegetação. A descrição da vegetação está baseada na forma e tamanho das plantas que podem ser classificadas em quatro formas principais, a saber:

– **árvores:** plantas perenes que possuem um tronco principal e ramificações diversas. Forma a parte superior do conjunto de copas em ecossistemas de florestas;

- **arbustos**: plantas lenhosas que apresentam grandes ramificações mais próximas ao solo;
- **lianas**: plantas trepadeiras lenhosas que sobem e se servem das árvores para apoio, indo em busca de luz;
- **ervas**: plantas que não possuem estrutura lenhosa, são pequenas, próximas ao solo;
- **epífitas**: plantas que se servem de outras plantas como suporte, proporcionando-lhes a oportunidade de viver em locais onde a luz ocorre em abundância.

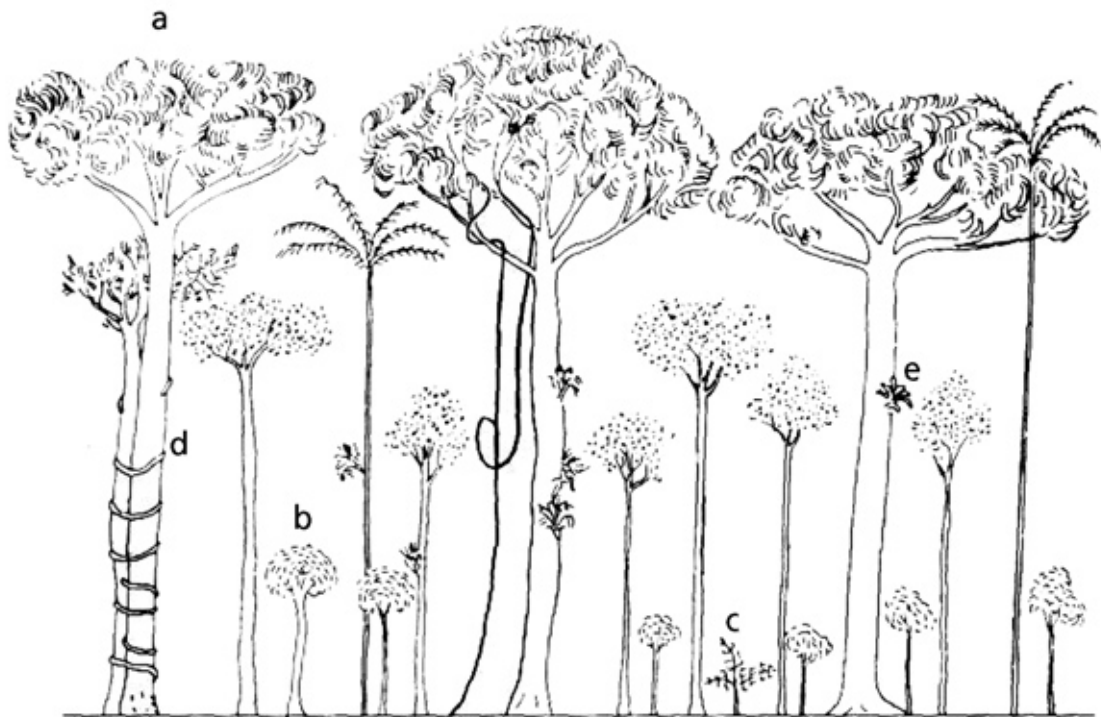


Figura 14.10: (a) árvore, (b) arbusto, (c) erva, (d) liana, (e) epífita.

b) **Tamanho e estratificação**: as plantas se organizam no espaço e, dependendo da proporção de árvores, arbustos e ervas existentes em associações vegetais, temos como resultante um tipo ou outro de vegetação. O predomínio de uma forma biológica vegetal dá ao ecossistema um aspecto, uma fisionomia determinada. Se predominam árvores, dizemos que se trata de uma floresta; se predominam as ervas, falamos em pradarias ou campos herbáceos. Se predominam os arbustos, mas possuem árvores esparsas e também herbáceas, temos as savanas.

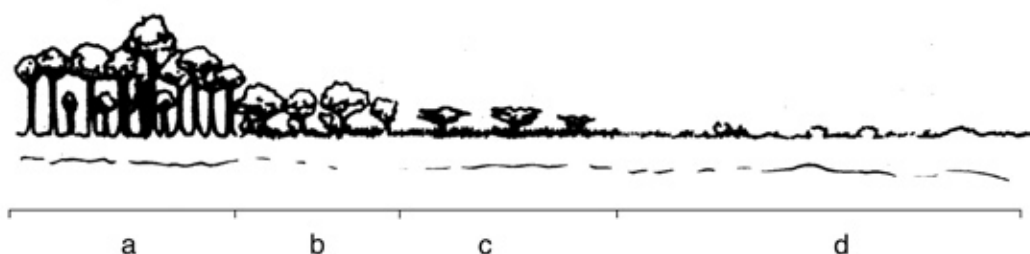


Figura 14.11: (a) floresta, (b) savana, (c) pradaria, (d) tundra.

c) **Grau de cobertura:** no esquema anterior, além da estratificação, a cobertura resultante da estratificação determina a quantidade e a qualidade de luz que vai chegar ao solo e, conseqüentemente, às plantas que aí vivem. Observe que se as plantas se superpõem a cada estrato, menos luz vai sendo disponibilizada para os estratos mais inferiores. A cobertura também é responsável pela distribuição da água, desde as copas até o solo. Já falamos sobre isso na Aula 2, está lembrado?

d) **Periodicidade:** existem formações vegetais, como a nossa Mata Atlântica, que passam todo o ano recobertas de folhas. São, pois, florestas perenes, florestas sempre verdes. Há formações que respondem ao ciclo climático anual, perdendo as folhas na estação desfavorável, que tanto pode ser muito fria como muito seca. As florestas temperadas na passagem outono-inverno perdem suas folhas, numa época de difícil obtenção de água, em relação às baixas temperaturas. Vocês estão lembrados das influências da ação da temperatura e da água nos organismos? Caso precise rever, volte à Aula 5.

e) **Produtividade:** as variações encontradas entre os biomas, devidas, principalmente às diferenças climáticas, tipos de solo, topografia e disponibilidade de água geram produtividades distintas entre os diferentes biomas. Uma floresta tropical, como a nossa Floresta Amazônica, pode produzir 450 toneladas de **BIOMASSA** por hectare, enquanto um deserto produz apenas 7 toneladas por hectare no mesmo intervalo de tempo.

BIOMASSA

Quantidade total de matéria viva em uma área determinada.

BIOMAS

São as grandes formações vegetais distribuídas nos diversos continentes, resultantes de história geocológica da Terra, e dos fatores climáticos regionais na atualidade.

BIOMAS

Os **BIOMAS** são formações dotadas de características geográficas, ecológicas e fisionômicas distintas. A distribuição dos biomas terrestres, em boa parte, reflete a distribuição mundial das precipitações causadas pelo movimento global das massas de ar atmosférico. Ecossistemas de climas semelhantes, mas em áreas geográficas distintas, possuem características estruturais e funcionais muito parecidas, ainda que a composição de espécies seja distinta devido ao isolamento geográfico. Todo bioma possui uma vegetação própria e seus limites estão demarcados por diversos fatores, como a disponibilidade de energia radiante, a disponibilidade de água, a amplitude térmica, assim como sua história ecológica e evolutiva. Os biomas são reconhecidos pelos diferentes tipos de vegetação e as formas de vida dominantes. Vamos falar um pouco sobre os grande biomas terrestres: **desertos e tundras, pradarias, savanas e florestas**. Entre as **florestas** destacamos as **Florestas de Coníferas**, as **Florestas Caducifólias** e as **Florestas Tropicais**. As florestas tropicais, incluindo nossa Floresta Atlântica, serão discutidas na Aula 15.

DESERTOS QUENTES

Apresentam contrastes térmicos entre o dia, extremamente quente, com temperatura que pode atingir mais de 50°C, e a noite, bastante fria em virtude da baixa umidade relativa do ar e da irradiação do calor para a atmosfera.

DESERTO

O bioma de deserto compreende regiões onde a precipitação alcança valores médios inferiores a 250mm ou em regiões com maior precipitação, mas distribuída muito irregularmente. A escassez de chuva pode ser devida à pressão subtropical elevada, como nos desertos do Sahara e nos da Austrália ou à posição geográfica localizada em **sombras de chuvas**, como nos desertos da parte ocidental da América do Norte e, por último, devida a grandes alturas, como o deserto de Gobi ou da Bolívia ou do Tibete.

DESERTOS FRIOS

Apresentam temperatura média anual inferior a 18°C. Resultam dos mesmos fatores que originam os desertos quentes, mas são frios porque se localizam em regiões de média latitude (entre 40°C e 60°C).

Os desertos são ecossistemas que possuem uma baixa produtividade primária líquida: inferior a 2.000 kg/hectare, ou menos de 0,5g/m²/dia. Quando se compara a um ecossistema de floresta tropical, esta produtividade é de 40 kg/hectare. Do ponto de vista ecológico, é possível distinguir dois tipos de deserto com base na temperatura: os quentes e os frios.

As adaptações à escassez de água dos organismos do deserto, tanto animais como plantas, apresentam duas características: evitar a seca e conservar a água. Todos os habitantes acabam por combinar estas duas características. Nas plantas, o ciclo estacional de produção de folhas e sua queda está regulado pela água disponível e não pela temperatura. Depois das escassas chuvas, vem uma cobertura vegetal de plantas anuais, que brotam rapidamente a partir de sementes que duram um longo tempo enterradas. São plantas de crescimento rápido. As folhas são, em geral, pequenas, reduzidas a escamas ou espinhos, ou faltam completamente, numa forma de reduzir a perda de água. As raízes crescem em várias direções e, quando chove, absorvem a água rapidamente. Muitas plantas são suculentas, armazenando grandes quantidades de água a serem usadas em períodos de seca prolongada. Muitas plantas de deserto abrem seus estômatos à noite, quando também é feita assimilação do gás carbônico para o processo da fotossíntese plantas CAM. Conseqüentemente, a perda de água devida à fotossíntese é consideravelmente inferior nas plantas de deserto.

Nos animais, a capacidade de adaptação ao deserto depende também da combinação entre evitar água e reduzir o consumo de água. A vida animal é restrita e especializada. Muitos mamíferos permanecem inativos durante o dia em suas tocas, covas, espaços, sob os quais passam os dias abrigados das altas temperaturas, buscando microclimas apropriados. Alguns animais vivem sem ingerir água na forma líquida, utilizando apenas a que se forma como subproduto de atividade metabólica no organismo; alguns não urinam, possuem reduzido número de glândulas sudoríparas, além de apresentarem tegumento impermeável. Como em todos os biomas, há abundância de insetos herbívoros. Muitas aves e répteis, especialmente lagartos, são insetívoros. Escorpiões são predadores de insetos e, entre os predadores maiores, estão as corujas e as cobras, que dependem basicamente dos roedores para sua alimentação.

Figura 14.12:
Aspecto de um deserto.



TUNDRA ÁRTICA

A tundra ártica é o único bioma que forma uma faixa contínua, circumpolar. É um bioma sem árvores e se encontra praticamente representado no hemisfério setentrional. No hemisfério sul, a maioria das latitudes nas quais o clima poderia permitir seu desenvolvimento está ocupada pelos mares antárticos. Existem pequenas zonas isoladas de tundra na Terra do Fogo, na Península de Palmer, na Antártica e numa ilha ao sul da Nova Zelândia.

O clima é controlado pelo ciclo anual de radiação polar. É caracterizado por invernos longos, frios e rigorosos e verões curtos e suaves.

As regiões situadas ao norte do Círculo Polar Ártico têm várias semanas ou meses, durante o inverno, em que o Sol não aparece no horizonte. Ao contrário, no verão, há igual período em que o sol não desaparece. Além da amplitude térmica, períodos de obscuridade e iluminação, há ainda os ventos intensos. Há que se considerar que a água, na maioria do tempo, está em estado não disponível (gelo) para as plantas. A diminuição da produtividade e da diversidade comparada aos trópicos apresenta ecossistemas comparativamente pobres em espécies e a diversificação da rede trófica é pequena. A produtividade da vegetação

e as populações animais estão submetidas a ciclos. No verão, a tundra tem um elevado número de indivíduos das poucas espécies de insetos. A grande quantidade de insetos atrai pássaros que se deslocam dos biomas mais ao sul. Uma superpopulação de roedores e lebres, de anos favoráveis da vegetação, pode ficar sem alimentação e abrigo nos anos pobres em alimento. Nesta época, os muitos roedores e lebres são presas de carnívoros, que, com muito alimento disponível, aumentam o tamanho de suas populações. Com muitos carnívoros no ambiente, são reduzidas as populações de herbívoros (roedores e lebres), diminuindo em seguida a de carnívoros, por falta de alimento disponível para todos. Pouca energia alimentar se desperdiça. Os grandes mamíferos são o boi almiscarado, a rena e o caribu. Os roedores se protegem da neve cavando tocas e consomem partes subterrâneas dos vegetais.



Figura 14.13: Aspecto geral da tundra.

Um bioma análogo à tundra também ocorre nas grandes altitudes das cadeias de montanhas, que possuem condições climáticas similares às da tundra.

PRADARIA

O bioma da pradaria foi quase totalmente modificado pela ação do homem. A maior parte de suas áreas naturais é hoje, assim como desde os últimos três séculos, transformada para cultivos ou pastos, e a maior parte das espécies nativas deram lugar a culturas de trigo, milho, arroz, cereais de uma maneira geral.

O bioma da **pradaria** é composto por plantas dominantes de porte herbáceo. As árvores são raras e esparsas. As extensas áreas de pradaria alta, aquelas encontradas na América do Norte e América do Sul, estão identificadas com um clima úmido continental. As pradarias cobrem grandes superfícies e são importantes do ponto de vista do homem. Elas proporcionam pastos naturais para herbívoros e as principais plantas alimentícias se desenvolveram por seleção artificial, por ação do homem, a partir de plantas herbáceas, como os cereais. Constituem formações que tomam nomes diferentes:

- estepes: centro-leste da Eurásia;
- pradarias: centro-leste da América do Norte;
- veldt: pequeno trecho do sul da África;
- pampas: Argentina;
- campos: Brasil.

No hemisfério norte, este bioma se encontra nas mesmas latitudes das florestas **CADUCIFÓLIAS**, mas a variação de temperatura entre dias e noites é maior do que na floresta. As chuvas são de verão e os invernos são secos e extremamente frios e prolongados. No hemisfério sul (Argentina, Uruguai e sul do Brasil), as chuvas, ao contrário, são igualmente distribuídas e o clima é sempre úmido. Os fatores que limitam a introdução de árvores nas regiões devem-se ao fogo natural e aos anos de seca. A vegetação natural é dominada por gramíneas, leguminosas e onde a precipitação é mais elevada as gramíneas podem alcançar até 2 metros de altura.

CADUCIFÓLIAS

Tipos de árvores cujas folhas caem na estação desfavorável. Suas folhas são chamadas de caducas.

A vida de pássaros é mais limitada do que na floresta pela ausência de diferenciação em estratos. Praticamente existe um único estrato determinado pela dominância de plantas herbáceas.

Na América do Norte, os principais herbívoros são mamíferos ungulados (que possuem cascos): antílopes e bisões. Os carnívoros são representados por lobos, coiotes, raposas. Aves de rapina como gaviões, corujas e falcões alimentam-se de pequenos roedores e aves. Aves insetívoras são encontradas em abundância.



Figura 14.14: Aspecto geral da pradaria.

SAVANA

A savana arbustiva é formada por árvores esparsas, bem separadas entre si, permitindo o crescimento de uma densa camada formada por plantas herbáceas, principalmente gramíneas altas. Constituem um tipo intermediário entre a vegetação arbórea florestal e a vegetação herbácea das pradarias. São formações vegetais encontradas nas zonas intertropicais. Estão, em sua maioria, relacionadas com o clima tropical seco. A precipitação anual da savana varia entre 500 e 1500mm e é marcadamente estacional, com uma estação seca prolongada em que os incêndios constituem uma parte importante do meio. Ocupa grandes territórios na África, América do Sul e Austrália, ocorrendo ainda no sul da Ásia e no México.

A vegetação da maior parte das savanas possui árvores relativamente baixas, muitas com as copas aplainadas, que podem ser decíduas ou perenes. Como toda vegetação tropical, tem uma flora rica e variada.

A alta produtividade de gramíneas, a natureza aberta e esparsa leva à abundância de animais de grande porte e de seus predadores. As grandes savanas africanas possuem uma fauna de animais pastadores que é a mais rica e de maior porte do mundo: antílope, gnu, zebra, girafa, rinoceronte, elefante. Como predadores destes estão carnívoros como o leão. Os insetos são mais abundantes na estação úmida, quando a maior parte das aves nidificam.

O bioma da savana na América do Sul vem representado pelos cerrados, que ocorrem no Brasil central e meridional e que ocupam cerca de 22% do território nacional, abrangendo os Estados de Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás, partes menores em São Paulo, Paraná, Maranhão, Piauí e pequenas manchas no Amazonas, Roraima, Paraná e Rondônia. O cerrado reflete a transição entre 2 tipos de climas quentes: um chuvoso, de floresta; outro mais seco, de caatinga. A fisionomia característica desta região é constituída por árvores e arbustos tortuosos, geralmente espaçados.



Figura 14.15: Cerrado brasileiro.

As árvores e arbustos apresentam também troncos retorcidos, de cortiça espessa e folhas coriáceas revestidas por pêlos ou cera. Há no cerrado duas estações climáticas distintas: inverno seco, apresentando elevada deficiência de água (maio – setembro) e verão chuvoso, no qual ocorre aproximadamente 90% da precipitação anual (outubro – março).

O solo do cerrado em geral é antigo, intemperizado, ácido, profundo e possui alta concentração de alumínio que causa toxidez às plantas, inibindo o seu crescimento. Sendo assim, devemos associar a fisionomia semi-árida da vegetação do cerrado não à deficiência de água, uma vez que suas raízes chegam a 18 metros de comprimento para alcançar o lençol freático e suprir a necessidade hídrica durante a estação seca, mas sim ao solo, que não possui os nutrientes necessários à síntese de proteínas.

A fauna de mamíferos é composta de veados, grande variedade de roedores, capivara, paca, cutia, preá, tapiti. Os carnívoros são a onça parda, o cachorro-do-mato, graxaim, guará. Encontram-se numerosas cobras e corujas.



Figura 14.16: Savana africana.

FLORESTA

O bioma florestal inclui todas as regiões de florestas, formações, nas quais dominam as árvores, formando uma cobertura foliar que sombreia o solo. Frequentemente apresentam estratificação, com mais de um estrato. Nos estratos inferiores, encontram-se arbustos e ervas, mas a dominância completa é de árvores. Vamos falar de algumas destas formações florestais: as florestas de coníferas, as florestas temperadas caducifólias e as florestas tropicais.

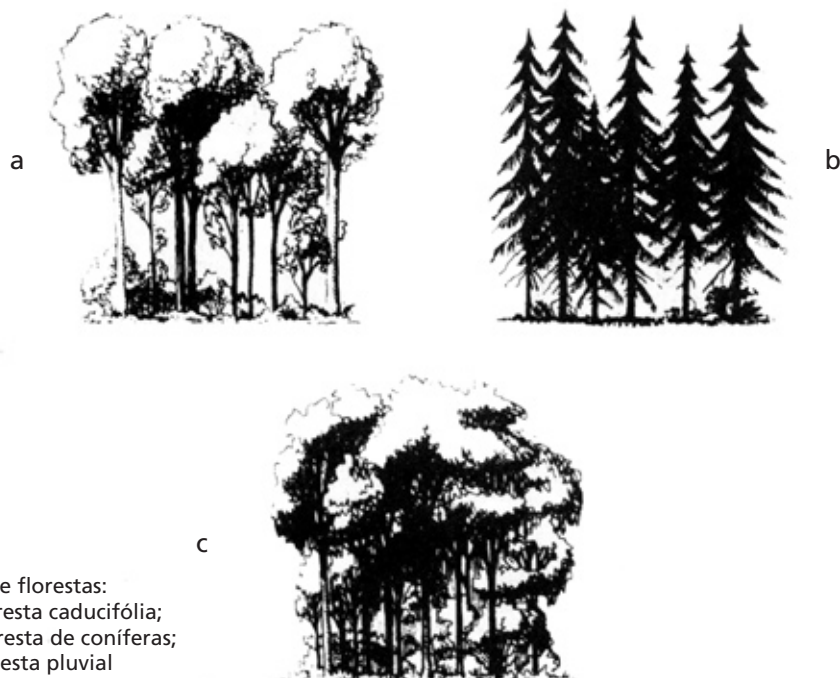


Figura 14.17: Tipos de florestas:
 (a) perfil de uma floresta caducifólia;
 (b) perfil de uma floresta de coníferas;
 (c) perfil de uma floresta pluvial

FLORESTA DE CONÍFERAS OU TAIGA

A taiga ou floresta de coníferas estende-se como um cinturão através da América do Norte e Eurásia. As plantas dominantes são coníferas com folhas em forma de agulha. É uma formação fechada, produz sombra no interior da mata, causando pouco desenvolvimento de arbustos e ervas. A taiga recebe mais energia radiante, diária e anualmente, do que a tundra, uma vez que está mais próxima à linha do equador. Os dias de verão não são tão longos, mas são quentes e o solo degela completamente. Os invernos são mais curtos e poucos lugares têm dias sem luz do sol, apesar da forte queda de neve. O solo é recoberto por uma grossa camada de folhas mortas, ramos e cones, que vão pouco a pouco se decompondo. Em temperaturas mais baixas, a decomposição é mais lenta. A dominância das plantas é de coníferas, principalmente pinheiros e abetos. Em geral, possuem quatro estratos: um arbóreo de 15-25 metros, um arbustivo, um estrato baixo com plantas herbáceas e um rente ao solo com musgos e líquens. Existe uma similaridade entre América do Norte e Eurásia, onde os mesmos gêneros dominam a taiga (abetos, pinheiros, álamos e bétulas). Só as espécies diferem, uma vez que a evolução tem ocorrido em isolamento causado pela presença de oceanos, após a separação dos continentes de América do Norte e Eurásia.



Figura 14.18: Floresta de coníferas.

Entre os animais típicos da floresta de coníferas estão veados, alces, castores, ratos almiscarados que vivem da vegetação ao redor dos lagos e ao longo dos rios. Há ursos-pardos, lobos, martas e lincos. Não sendo muito variada a alimentação, são poucos os animais consumidores primários e, conseqüentemente, poucos também os consumidores secundários. Mudanças na densidade da população de uma espécie refletem diretamente em indivíduos de outras. O clássico exemplo de flutuação de populações em interação entre lebres e lincos foi observado nessas regiões de taiga. No verão, muitas aves vêm para nidificar.

FLORESTA TEMPERADA CADUCIFÓLIA

A floresta temperada caducifólia se originou no Terciário, quando se distribuía pela Europa, América do Norte e Ásia oriental. A glaciação e a seca do pleistoceno dividiram em 3 partes principais o oeste e centro da Europa, leste da Ásia (Coréia, Japão e partes da China) e o leste dos Estados Unidos. Floresta temperada ou floresta decídua temperada, ou ainda, floresta caducifólia, por causa da queda de suas folhas no período de inverno. É um bioma encontrado nas regiões situadas entre os pólos e os trópicos e situa-se logo abaixo das latitudes onde se encontra a taiga.

As quatro estações do ano encontram-se bem definidas e se refletem na fisionomia da paisagem. No período do outono, se antecipando ao inverno rigoroso e de temperaturas baixas, as plantas perdem suas folhas, numa adaptação que evita perda de água, reduzindo as superfícies de troca com o ambiente. Os índices pluviométricos atingem médias entre 750 a 1.000 milímetros por ano. A energia solar incidente nas regiões de florestas temperadas é maior do que nas tundras, e consegue atingir mais facilmente o solo, pois existem espaços maiores entre a copa das árvores do que nas florestas tropicais.

O solo destas florestas é muito rico em nutrientes devido, sobretudo, ao processo natural de decomposição das folhas que vai enriquecendo o solo em nutrientes. A vegetação das florestas temperadas é variada, desde as coníferas e árvores com folhas largas e **caducas**. Há vários tipos de florestas temperadas, mas as árvores de folha caduca são predominantes, embora apresentem também árvores de folha perene, cujas folhas são em forma de agulhas. A vegetação apresenta variações sazonais bem marcadas.

A cobertura vegetal, onde predominam as árvores, pode apresentar até quatro estratos, desde grandes árvores até plantas rasteiras. São característicos as faias, os carvalhos, os castanheiros, os abetos e os pinheiros.

A fauna é variada e podem encontrar-se javalis, gatos, lincês, lobos, raposas, esquilos, veados, ursos, martas, muitos insetos, répteis e aves diversas, algumas de grande porte, como as águias. Em algumas regiões, como forma de adaptação às baixas temperaturas do inverno, alguns animais migram, enquanto outros hibernam. Outros, ainda, como os esquilos, armazenam comida para o inverno.



Figura 14.19.a: Floresta temperada caducifólia. Aspecto geral no inverno e verão, respectivamente carvalho e plátano.

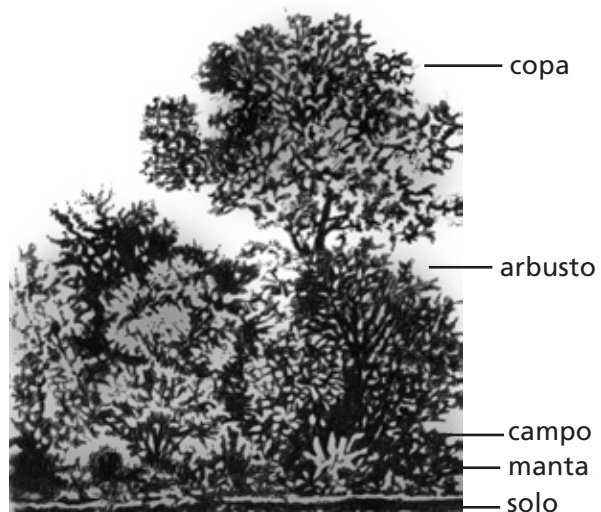


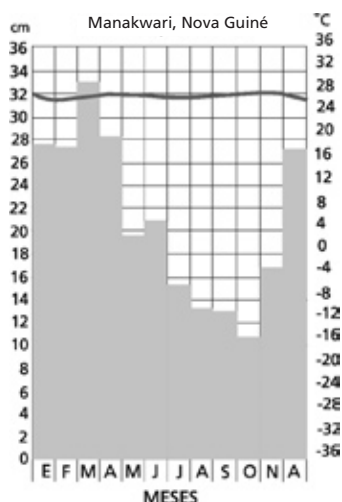
Figura 14.19.b: Estrutura de uma floresta de carvalho.

RESUMO

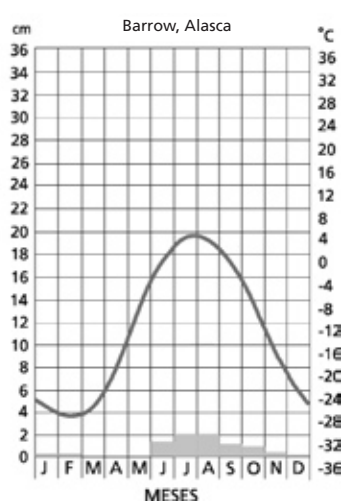
Desde a formação da Terra, seres vivos e meio abiótico interagem. Por milhões de anos de história, a configuração de terras e mares se alterou, os continentes e oceanos mudaram de posição, montanhas soergueram, mares invadiram continentes, gerando modificações climáticas, extinções e surgimento de novidades biológicas. Tanto a disjunção de continentes como a construção de pontes terrestres alteraram a configuração das biotas regionais. Os grandes biomas existentes na atualidade refletem tanto a distribuição e causas passadas como as condições ecológicas atuais. A atual distribuição de organismos é, então, resultado de sua ancestralidade, que reflete condições do meio físico em épocas distantes, assim como de influências de seu ambiente atual, quer sejam as condições abióticas, resultantes de condições climáticas, quer sejam as bióticas, como alimentação, predação, competição, local de abrigo e acasalamento.

EXERCÍCIOS

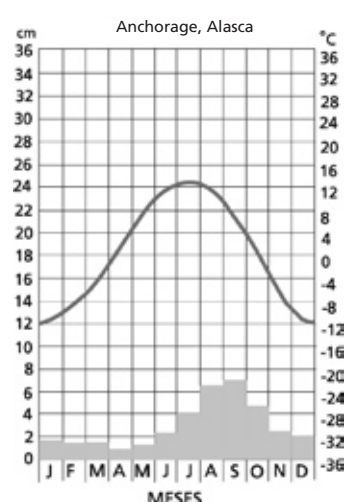
1. Que conjunto de condições pode ser necessário para explicar a atual distribuição geográfica dos organismos?
2. O que pode explicar a presença e a predominância de grandes pastadores herbívoros nas savanas?
3. Como pode se comprovar o movimento da Índia para o norte e sua união posterior à Ásia?
4. Como o surgimento de pontes terrestres, como por exemplo o Istmo do Panamá, pode contribuir para alterar distribuições de organismos?
5. A partir dos climatogramas apresentados, estabeleça para cada um o tipo de bioma correspondente.



a



b



c

6. Que características você apontaria, principalmente, para distinguir um campo de uma floresta?

Biomass com ênfase no Brasil

AULA 15

objetivo

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Aprender sobre os fatores que causam a ocorrência dos biomas de floresta pluvial equatorial e tropical e alguns dos biomas de água doce e marinhos.

INTRODUÇÃO

LATIFOLIADAS

Plantas de regiões úmidas, com folhas largas, permitindo intensa transpiração.

Agora que já vimos os fatores que causam a desigual distribuição de seres vivos na Terra e os biomas de deserto, tundra, savana, floresta de coníferas e floresta temperada decídua, vamos falar um pouco dos biomas que se encontram mais próximos de nós, alguns dos principais biomas brasileiros.

Na aula passada, vimos que o bioma florestal inclui todas as regiões de florestas, formações onde dominam as árvores, formando uma cobertura foliar que sombreia o solo. Os três grandes grupos de árvores que dominam a vegetação no planeta são as coníferas, formadoras da taiga ou floresta de coníferas, as decíduas, que perdem suas folhas na estação mais desfavorável e formam a floresta temperada decídua e as **LATIFOLIADAS** que formam as florestas pluviais tropicais que veremos agora.

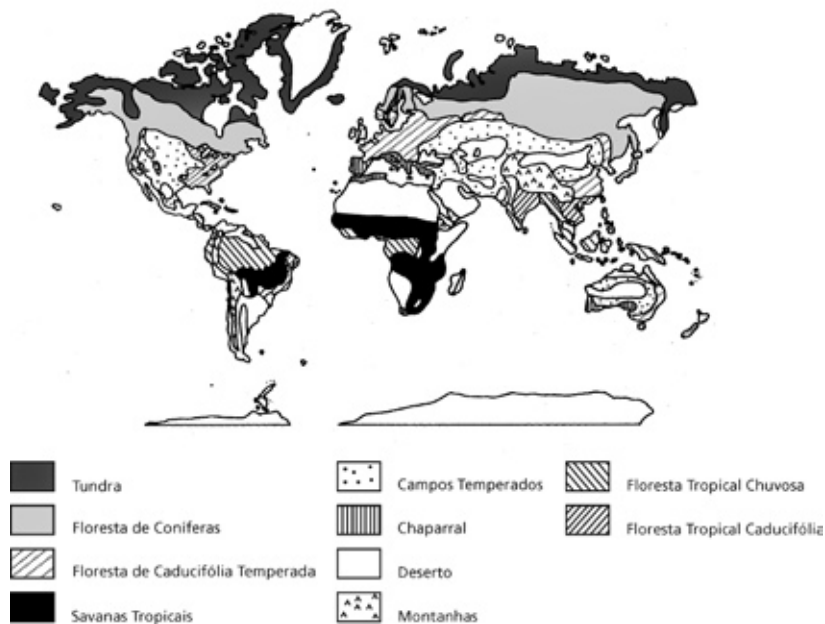
FLORESTA PLUVIAL TROPICAL

O bioma de floresta tropical aparece em três formações principais entre as latitudes 20°N e 20°S na América do Sul, América Central, África, Sudeste Asiático, Índias Orientais e Arquipélago Malaio. São as florestas equatoriais e tropicais úmidas e que ocorrem em três faixas principais:

- 1) as bacias do Amazonas e do Orenoco na América do Sul, caracterizando a maior massa contínua, e na América Central. São encontradas, também, representações na costa do Brasil, a Floresta Atlântica e na parte oriental do México;
- 2) na África, existe uma grande área de floresta nas bacias do Congo, do Níger e do Zambeze do centro e do oeste da África e em Madagascar;
- 3) estende-se do Ceilão e da Índia oriental até a Tailândia, as Filipinas e as grandes ilhas da Malásia, com uma faixa estreita ao longo da costa nordeste da Austrália.

O bioma de floresta tropical ocupa uma zona de intensas precipitações que superam freqüentemente os 2.000 mm anuais e sempre os 1.500 mm, podendo chegar a 4.000 mm anuais. O clima é do tipo equatorial, quente e úmido, com a temperatura variando pouco durante o ano, em torno de 26°C. Observe o **Gráfico 15.1**. Nele estão representados os principais biomas e suas respectivas distribuições de água

e temperatura. Veja que as associações entre maiores **ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS** e as mais altas temperaturas comportam as florestas tropicais.



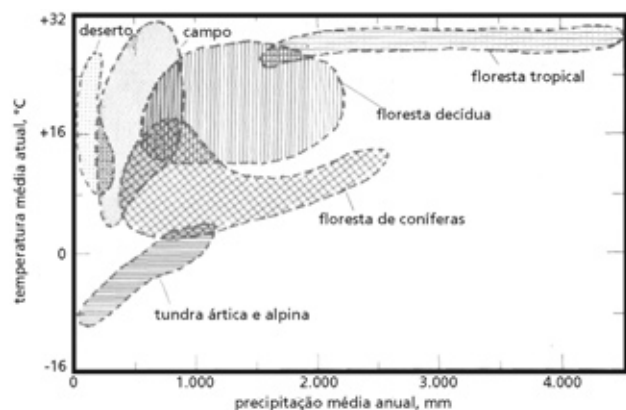
ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS

É a somatória da precipitação num determinado local durante um período de tempo estabelecido. É medido em milímetros.

Figura 15.1: Distribuição das matas pluviais tropicais no globo terrestre.

Assim, nem a água, nem a temperatura representam fatores limitantes ao desenvolvimento de organismos. Em geral, a variação de temperatura entre inverno e verão é menor que a variação entre noite e dia. A luz recebida na faixa tropical também representa a de maior duração diária e anual em relação às demais regiões do globo terrestre.

Gráfico 15.1: Distribuição de seis biomas principais em função de temperatura média e precipitação anual.



Vamos tomar como exemplo nosso Complexo Florestal Amazônico, assim chamado porque delinea uma série de formações distintas que sofrem influência das cheias e vazantes dos rios da Bacia Amazônica. O rio Amazonas começa no Peru, na confluência dos rios Ucayali e Marañon. Entra no Brasil com o nome de Solimões e passa a se chamar Amazonas quando recebe as águas do rio Negro, no interior do Estado do Amazonas.

No período das chuvas, o rio chega a subir 16 metros acima de seu nível normal e inunda vastas extensões da planície, arrastando terras e trechos da floresta e tornando outras extensões periodicamente inundadas. Sua largura média é de 12 quilômetros, atingindo freqüentemente mais de 60 quilômetros durante a época de chuvas. As áreas alagadas influenciadas pela rede hídrica do Amazonas formam uma bacia de inundação muito maior que muitos países da Europa juntos. O volume de suas águas representa 20% de toda a água presente nos Rios do planeta. Têm extensão de 6.400 quilômetros. Na foz do rio Amazonas, quando a maré sobe, ocorrem choques de águas doce e salgada, fenômeno conhecido como pororoca. O choque entre as águas provoca ondas que podem alcançar até 5m e avança rio adentro. Este choque das águas tem uma força que é capaz de derrubar árvores e modificar o leito do rio. A Amazônia é reconhecida como a maior floresta tropical existente, o equivalente a 1/3 das reservas de florestas tropicais úmidas, o maior banco genético do planeta e um patrimônio mineral ainda não mensurado.

Ao contrário das florestas temperadas, que são marcadas por quatro estações (primavera, verão, outono e inverno), onde os organismos respondem com queda de folhas, alterando a fisionomia da vegetação e levando à migração durante o inverno rigoroso para regiões onde o clima é mais ameno, as florestas tropicais são marcadas em grande parte por variações na precipitação, apresentando uma estação chuvosa e uma estação de menor precipitação. Se comparada à floresta temperada, há pouca variação de luminosidade diária e anual, pouca variação nas temperaturas diária e anual, alto grau de umidade e as maiores médias de iluminação diária e anual.

A grande diversidade geológica, aliada ao relevo diferenciado, resultou na formação das mais variadas classes de solo, sob a influência das grandes temperaturas e precipitações, características do clima equatorial quente, superúmido e úmido. Contudo, a fertilidade natural dos solos é baixa, em contraste com a exuberância das florestas úmidas que nelas se desenvolvem. À primeira vista, isto pode ser contraditório. A Floresta Amazônica vem se mantendo ao longo dos anos em função de sua capacidade de reciclar e conservar os baixos estoques de nutrientes disponíveis.

Os nutrientes concentram-se, basicamente, na vegetação e nos demais seres vivos e na camada de húmus, entre as quais se estabelece um ciclo muito fechado.

Em contraste com a sincronização da produção e queda de folhas nos climas temperados, as florestas tropicais são **POLIMÓRFICAS** quanto à produção de folhas. Como regra geral, as folhas velhas caem simultaneamente à produção de novas, ficando as árvores nuas por poucos dias. Algumas espécies produzem e perdem folhas constantemente: as árvores nunca ficam nuas. Em outras espécies, principalmente nas áreas estacionalmente periféricas do bioma, as árvores podem ficar nuas por várias semanas. A queda de folhas associada aos animais e protistas mortos forma uma camada de folhas, a serrapilheira, serapilheira ou folhiço. Este folhiço serve de alimento para uma fauna que fragmenta a matéria morta, aumentando a superfície de ataque de bactérias e fungos, tornando muito rápida a decomposição e, conseqüentemente, a liberação de nutrientes. Dessa forma, os nutrientes concentrados nos seres vivos, rapidamente, são liberados e novamente são recuperados pelas plantas no processo da fotossíntese. A dinâmica do folhiço é **SAZONAL**: a maior queda de folhas ocorre na estação seca, mas a taxa de decomposição é muito acelerada na estação chuvosa, quando a ação de formigas, cupins e outros invertebrados do solo é muito mais intensa, atuando na fragmentação da matéria orgânica. Como resultado deste conjunto de características citadas, a biomassa florestal pode alcançar 450 t/ha. Estudos recentes publicados em 2002 pelo Programa Brasileiro de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração em três reservas florestais do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) apontam que a biomassa aérea da floresta foi estimada em 324 t/ha. Apontam, também, que os maiores estoques de nutrientes aumentam da base da árvore para a copa, sendo a maior concentração nos troncos.

Adicionalmente à constante e assíncrona queda e produção de folhas, a reprodução das árvores na floresta tropical também se mantém homogeneamente espaçada ao longo do ano. Ainda que certas espécies possam florescer e produzir frutos apenas durante um mês ou dois ao ano, estas espécies no conjunto podem florescer e frutificar quase continuamente.

POLIMÓRFICAS

Mais de uma forma.

SAZONAL

Que diz respeito às estações do ano.

A floresta pluvial tropical é altamente estratificada. As árvores, geralmente, formam três estratos que se sobressaem sobre os demais. As árvores emergentes, muito altas e espalhadas, projetam-se acima do nível geral das copas. O estrato do dossel forma um conjunto de copas como um tapete contínuo sempre verde a uma altura de 20 a 30 metros e um estrato de sub-bosque, que se torna denso apenas onde há interrupção do dossel. É importante ressaltar que esta superposição de copas acaba gerando uma distribuição diferenciada de luz no interior da floresta. O solo, muitas vezes, é coberto por uma densa sombra. Essa desigual distribuição de luz gera também uma distribuição estratificada de formas vegetais. Note que as plantas dos estratos superiores possuem troncos finos e quase não possuem galhos laterais, isto é, elas investem toda a energia da planta em ter folhas nos estratos onde ocorre mais luz. As emergentes extrapolam o conjunto de copas em busca da luz. O sub-bosque possui maior densidade foliar onde ocorre mais luz. As plantas do estrato herbáceo possuem folhas largas e com um verde de coloração intensa. Elas conseguem viver nesta região porque têm sua superfície foliar aumentada e com uma concentração maior de clorofila, explorando a pouca luz que chega neste estrato.

Típicas das florestas pluviais tropicais são também as plantas trepadeiras e as lianas lenhosas. São plantas que enraízam no solo e crescem se servindo de outras plantas como suporte até atingir um local onde haja luz, onde então elas produzem suas folhas, florescem e frutificam (exs: uvas, maracujás, chuchu – lianas). As epífitas são numerosas e estão dispostas sobre troncos, ramos e folhagens de árvores e lianas, servindo-se delas apenas como suporte (exs: cactos, orquídeas, bromélias – epífitas).



Figura 15.2: Estrutura espacial da vegetação de uma floresta tropical chuvosa.

Estas formações dispõem de todas as formas de crescimento, das quais falamos na aula passada, as árvores, os arbustos, que estão distribuídos no sub-bosque, as lianas, as epífitas e as ervas ou plantas herbáceas. A organização espacial destes componentes, superpostos em diferentes estratos, congrega um grande número de espécies de árvores, cada espécie com poucos indivíduos, o que torna o bioma da floresta pluvial tropical úmida a de maior **BIODIVERSIDADE** da Terra.

A Biodiversidade é uma das propriedades fundamentais da natureza, responsável pelo equilíbrio e estabilidade dos ecossistemas, e fonte de imenso potencial de uso econômico. A biodiversidade é a base das atividades agrícolas, pecuárias, pesqueiras e florestais e, também, a base para a estratégica indústria da biotecnologia. As funções ecológicas desempenhadas pela biodiversidade são ainda pouco compreendidas, muito embora se considere que ela seja responsável pelos processos naturais e produtos fornecidos pelos ecossistemas e espécies que sustentam outras formas de vida e modificam a biosfera, tornando-a apropriada e segura para a vida. A diversidade biológica possui, além de seu valor intrínseco, valores ecológicos, genéticos, sociais, econômicos, científicos, educacionais, culturais, recreativos e estéticos. Com tamanha importância, é preciso evitar a perda da biodiversidade.

Com uma concentração de produtividade nas copas das árvores ocorre uma profusão de vida animal a ela associada. Numa concentração de copas, lianas e epífitas, surge uma grande oferta de alimentos, local de abrigo e de acasalamento, possibilitando, assim a ocorrência da maior fauna arborícola do planeta. Encontramos aí mamíferos arborícolas como os monos, morcegos, roedores e marsupiais, aves (distribuídas em três estratos principalmente), répteis arbóreos (representados por muitos tipos de cobras), anfíbios que são representados por muitas formas arbóreas e uma profusão de insetos, destacando-se os sociais, como vespas, formigas e térmitas. Do ponto de vista zoológico é, ainda, o domínio mais rico em formas e endemismos e podemos caracterizá-lo pelo predomínio **MONOS PLATIRRINOS** do Novo Mundo, comedores de grãos, como os tucanos, papagaios e araras, entre muitos outros.

BIODIVERSIDADE

Medida da variedade de espécies numa comunidade que leva em consideração a abundância relativa de cada uma.

MONOS PLATIRRINOS

Macacos do Novo Mundo que se caracterizam por terem narinas afastadas uma da outra.

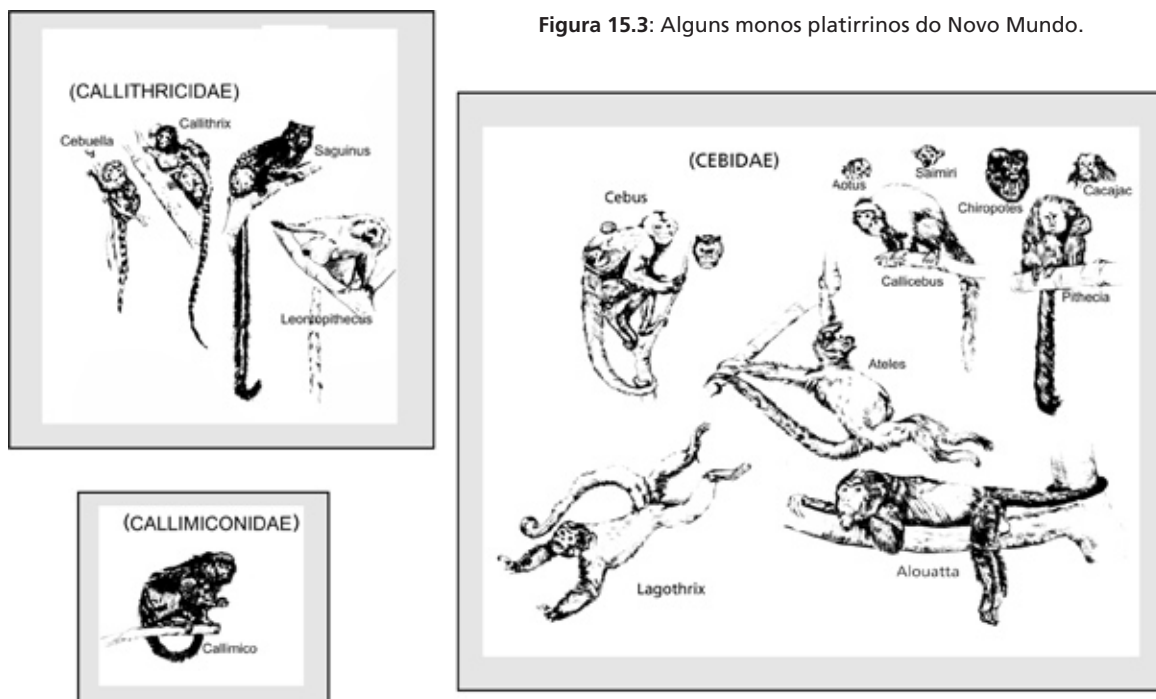


Figura 15.3: Alguns monos platirrinos do Novo Mundo.

A fauna aquática se sobressai por abrigar a maior riqueza de espécies de peixes, com mais de 1.300; mamíferos como o boto, o manati e o tucuxi, além de tartarugas de vários gêneros e jacarés.

Como consequência da ampla diversidade de habitats, a Amazônia abriga uma infinidade de espécies vegetais e animais: 1,5 milhão de espécies vegetais catalogadas; mais de três mil espécies de peixes; 950 tipos de pássaros e ainda insetos, répteis, anfíbios e mamíferos... A maior floresta tropical do planeta existe em território brasileiro, ocupando uma superfície nos Estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e pequena parte dos Estados do Maranhão, Tocantins e Mato Grosso.

O chamado domínio amazônico que cobre a maior parte das América do Sul e Central constitui, por sua extensão, o território de maior biomassa da Terra. Esta região se caracteriza pela riqueza de **ENDEMISMOS** de famílias. Entre as exclusivas da América estão as ciateáceas, salviniáceas, cicadáceas, velloziáceas, pontederiáceas, commelináceas, xiridáceas, cannáceas, marantáceas, moráceas, anonáceas, eriocauláceas, musáceas, zingiberáceas, moráceas, eritroxiláceas, meliáceas, humiriáceas, begoniáceas, melastomatáceas, rizoforáceas.

ENDEMISMO

Presença de uma espécie, numa certa área, que é nativa dessa mesma área e que só aí pode ser encontrada.

PRINCIPAIS FORMAÇÕES AMAZÔNICAS

Mata de igapó

Parte da floresta situada junto aos rios que permanece constantemente inundada. A vegetação aí encontrada foi selecionada por suportar solo alagado e, conseqüentemente, mal arejado. As árvores podem atingir 20 metros de altura. São freqüentes árvores com sapopema de 2 a 3 metros de altura ou mais, porém de pequena espessura. As sapopemas são raízes tabulares, que saindo o do solo inundado ampliam a base da planta, aumentando sua sustentação. Nos bordos desta floresta, no seu limite com a água, a planta mais característica é a aninga, uma arácea, cujo caule pode atingir 3 a 4 metros de altura. Esta planta do baixo Amazonas é substituída no alto Amazonas, em ambientes idênticos, pela vitória-régia. Espécies vegetais: açai, cururu, marajá, piaçava, sapupira-da-mata.

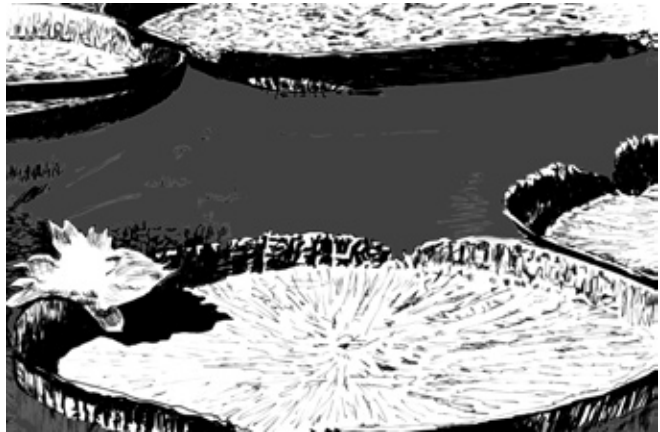


Figura 15.4: Vitória-régia.

Mata de várzea

Característica da Amazônia, localiza-se em terrenos holocênicos baixos e sujeitos a inundações periódicas na época das chuvas, que vão de dezembro a junho. Tem composições variadas com sua maior ou menor proximidade dos rios e ocorre em terrenos mais ou menos elevados. São temporariamente inundados e o período de alagamento é tanto maior quanto mais próximos dos rios. Nas várzeas altas, são comuns árvores frondosas, pertencentes a famílias como as leguminosas, sapotáceas e moráceas. Sua largura é variável, podendo alcançar por vezes até 100km. Espécies vegetais: sumaúma, seringueira, cacaueiro, copaíba, pau-mulato, cumaru.



Figura 15.5: Mata de várzea.

Mata de terra firme

São florestas compactas, ficam em solos elevados, longe dos rios, onde não há habitualmente inundações. É onde vamos encontrar a maior variedade de espécies, as árvores de maior porte (podendo alcançar até 60 metros de altura), entre elas a castanheira-do-pará. Por conter uma grande variedade de árvores nobres, é também uma região de grande atividade extrativa madeireira. Espécies vegetais: angelim, andiroba, caucho, cedro, guaraná, mogno, pau-rosa, salsaparrilha, sumaúma, sorva etc.

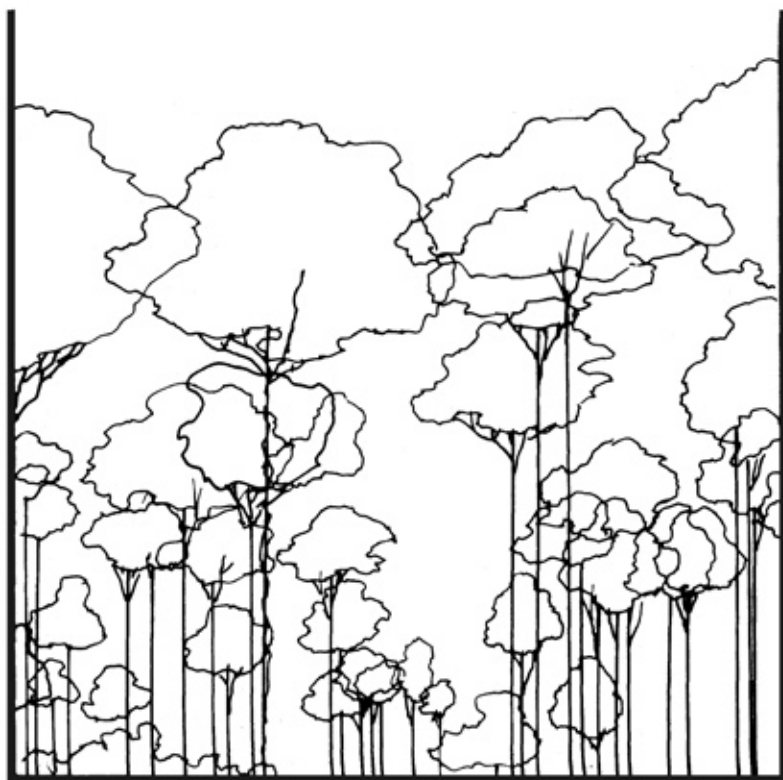


Figura 15.6: Mata de terra firme.

Além destes três grupos principais há ainda as campinas, campinaranas, caatingas amazônicas e outras formações que fazem parte do Complexo Amazônico.

As regiões Amazônica e Atlântica, separadas pela Caatinga e pelo Cerrado, têm muitas afinidades e é notável o número de animais que se encontram em uma e outra região.

CAATINGA

A vegetação mais característica do Nordeste é a mata aberta, a caatinga. É um ecossistema com domínio de climas semi-áridos e apresenta grande variedade na paisagem. Ocorre nos Estados da Bahia, Ceará, Piauí, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraíba, Sergipe, Alagoas, Maranhão e Minas Gerais. A precipitação fica entre 200 e 800mm num regime de chuvas irregulares; o clima é dominado por uma longa estação seca, durante a qual a vegetação se mostra ressequida e acinzentada. As massas de ar que se deslocam do oceano para o interior são desviadas para altitudes, levando umidade para outras regiões distantes desta faixa nordestina. Caatinga é um nome genérico para designar um complexo de vegetação decídua e **XERÓFILA**, constituída de arvoretas e arbustos decíduos durante a seca e de cactáceas, bromeliáceas e ervas, estas quase todas anuais. A ocorrência de secas estacionais e periódicas estabelece regimes intermitentes aos rios que ocorrem na época das chuvas e secam durante a estiagem. Das cabeceiras até as proximidades do mar, os rios com nascente na região permanecem secos por cinco a sete meses do ano. Apenas o canal principal do rio São Francisco mantém seu fluxo através dos sertões, com águas trazidas de outras regiões climáticas e hídricas.

A caatinga é dominada por vegetação com características xerófitas – formações vegetais secas, que compõem uma paisagem quente e espinhosa – com estratos compostos por gramíneas, arbustos e arvoretas de porte baixo ou médio (3 a 7 metros de altura), caducifólias, com grande quantidade de plantas espinhosas, entremeadas de outras espécies como as cactáceas e as bromeliáceas. A caatinga apresenta três estratos: arbóreo (8 a 12 metros), arbustivo (2 a 5 metros) e o herbáceo (abaixo de 2 metros). A vegetação é típica de clima seco. As folhas, por exemplo, são finas ou inexistentes. Algumas plantas armazenam água, como os cactos, outras se caracterizam por terem raízes praticamente na superfície do solo para absorver o máximo da chuva. Duas espécies de árvores ressaltam na paisagem nordestina por serem suculentas e armazenarem água nos lenhos moles: são as *barrigudas*. Uma, a barriguda-lisa (*Cavanilliesia arborea*), não possui **ACÚLEOS** e possui grandes frutos alados. A outra, a barriguda-de-espinho (*Chorisia crispiflora*), cujo tronco é mais grosso e aculeado e os frutos liberam sementes plumosas (painas).

XERÓFILAS

Plantas que vivem em lugares com carência de água.

ACÚLEO

Tipo de espinho que ocorre nos vegetais.



Figura 15.7: Barriguda típica da Caatinga nordestina.

Além das barrigudas, muitas espécies possuem órgãos subterrâneos tuberizados, que servem para armazenamento de água e nutrientes nas épocas mais desfavoráveis. Certas árvores como o juazeiro, o imbuzeiro e a quixabeira dispõem de raízes entumescidas e armazenam a água necessária à sua manutenção. Na flora periódica, muitas plantas de porte herbáceo florescem e frutificam rapidamente durante a estação chuvosa, o “inverno” para o nordestino, que ocorre no início do ano. Quando chove, a paisagem muda muito rapidamente. Predominam as espécies arbustivas decíduas que perdem as folhas na estação seca desfavorável. Nos curtos períodos de chuvas, as folhas brotam rapidamente e a reprodução se processa, estabelecendo ciclos de vida que se completam durante a curta estação chuvosa. No meio de tanta aridez, a caatinga surpreende com suas “ilhas de umidade” e solos férteis. São os chamados brejos, que quebram a

monotonia das condições físicas e geológicas dos sertões. Os brejos sustentam a avifauna, onde várias espécies nidificam. Essas áreas normalmente localizam-se próximas às serras, onde a abundância de chuvas é maior.

No geral, algumas das espécies mais comuns da região são a amburana, aroeira, umbu, baraúna, maniçoba, macambira, xique-xique, mandacaru, facheiro e juazeiro.

O clima semi-árido e o predomínio de rios intermitentes poderiam evidenciar a baixa diversidade da biota aquática da caatinga. Entretanto, estudos apontam que a caatinga possui 185 espécies de peixes, distribuídas em 100 gêneros, sendo que 57% das espécies são endêmicas (MMA, 2002). Destaca-se, ainda, um grande número de espécies de peixes anuais (família *Rivulidae*), encontradas apenas ao longo do médio curso do Rio São Francisco.

Levantamentos sobre a fauna do domínio da Caatinga revelam a existência de 40 espécies de lagartos, 45 espécies de serpentes, quatro de quelônios, uma de *Crocodylia*, 44 anfíbios anuros.

O termo caatinga é originário do tupi-guarani e significa mata branca, por caracterizar mata que deixa passar muita luz, mata clara. É um bioma único, pois, apesar de estar localizado em área de clima semi-árido, apresenta grande variedade de paisagens, relativa riqueza biológica e endemismo. É importante você perceber que este também é um bioma regido pelo regime de águas (secas e cheias) e as estações são também definidas por estas características. O período desfavorável relaciona-se à seca e que em média vai de junho-julho a novembro-dezembro.



Figura 15.8: Caatinga durante a seca.

PANTANAL MATO-GROSSENSE

ALUVIAL

Referente ao sedimento depositado por águas correntes.

O Pantanal Mato-grossense é a maior das extensões de planície inundável contínua da América do Sul, na bacia hidrográfica do Alto Paraguai. Sua área é de 140.000 km², com 65% de seu território no estado de Mato Grosso do Sul e 35% no Mato Grosso. As características geológicas, geomorfológicas e climáticas em conjunção com as variações hidrológicas sazonais formam planícies distintas, resultando em um mosaico de habitats, com diferentes fisionomias. A região é uma planície **ALUVIAL** influenciada por rios que drenam a bacia do Alto Paraguai, onde se desenvolvem fauna e flora de rara beleza e abundância, influenciadas por quatro grandes biomas: Amazônia, Cerrado, Chaco Boliviano e Paraguai. Este é mais um bioma tropical que está fortemente regido pelo ciclo anual das águas, as cheias e vazantes da bacia do rio Paraguai. A baixa declividade associada às chuvas periódicas que caem na bacia do Alto Paraguai dificultam o escoamento das águas, causando inundações periódicas e anuais. O Pantanal é quente e úmido no verão; e frio e seco no inverno, com temperatura média anual em torno de 26°C. O trimestre mais seco ocorre nos meses de junho, julho e agosto. As chuvas estacionais concentram-se nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (meses que concentram 45% das chuvas) e vão de outubro a março. A precipitação média anual encontra-se entre 1.100mm e 1.200mm.

Quanto à vegetação, Silva *et al.* (2.000) determinaram 16 classes de formações fitofisionômicas, das quais as mais abundantes são campo, cerradão, cerrado, brejos, mata semidecídua, mata de galeria e vegetação flutuante. Segundo Coutinho *et al.* (1997), o principal recurso florístico do Pantanal abrange desde a vegetação aquática à arbórea, da qual depende toda a fauna herbívora e desta, todo o restante da fauna.

O rio Paraguai e seus afluentes percorrem o Pantanal, formando extensas áreas inundadas que servem de abrigo para muitos peixes, como o pintado, o dourado, o pacu; e também de animais como os jacarés, as capivaras e ariranhas, entre outras espécies. Muitos animais ameaçados de extinção em outras partes do Brasil ainda possuem populações vigorosas na região pantaneira, como o cervo-do-pantanal, a capivara, o tuiuiú e o jacaré.

Na planície pantaneira, podem ser encontradas cerca de 95 espécies de mamíferos, 665 espécies de aves, 162 espécies de répteis, 40 de anfíbios e cerca de 260 de peixes (Coutinho *et al.*, 1997). Dados do MMA (2002) estimam que a ictiofauna possa atingir 780 espécies. Os ecossistemas são caracterizados por cerrados e cerradões sem alagamento periódico, campos inundáveis e ambientes aquáticos, como lagoas de água doce ou salobra e rios. A Embrapa Pantanal já identificou quase duas mil espécies de plantas, classificando-as de acordo com seu potencial, como forrageiras, apícolas, frutíferas e madeireiras. Nas comunidades aquáticas são conhecidas 242 espécies de **MACRÓFITAS AQUÁTICAS**. A variação da biomassa das macrófitas mostra relação com o nível d'água e com o ciclo de vidas destas plantas. O máximo de produtividade primária ocorre durante a inundação. Pelas suas características e importância, esta área foi reconhecida pela Unesco, no ano 2000, como Reserva da Biosfera, por ser uma das mais exuberantes e diversificadas reservas naturais da Terra.

MACRÓFITAS AQUÁTICAS

Vegetais que habitam desde brejos até ambiente verdadeiramente aquáticos; entre elas, incluem-se vegetais que variam desde macroalgas até angiospermas, como a taboa (*Typha domingensis*).

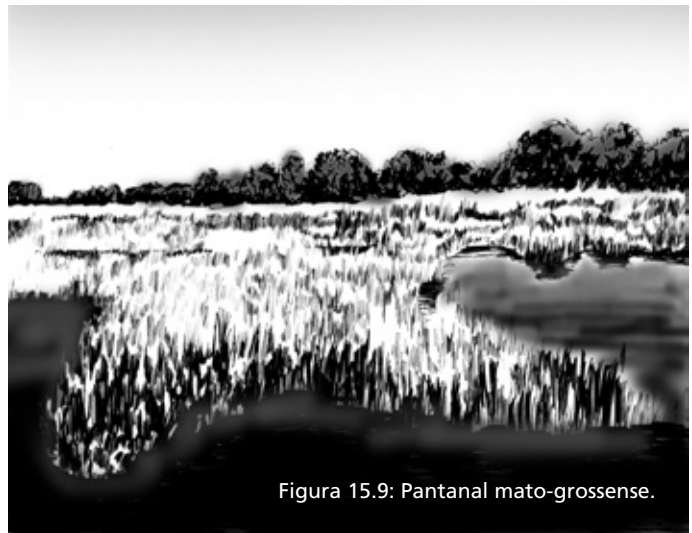


Figura 15.9: Pantanal mato-grossense.



Figura 15.10: Fauna pantaneira.

BIOMAS AQUÁTICOS

A Terra é um planeta dominado por água. Os oceanos cobrem cerca de 71% da superfície terrestre. Das águas do planeta Terra, 98% compõem os oceanos e somente 2% compõem-se de água doce, e deste percentual 70% estão nas calotas polares e 29% são águas submersas. Água doce superficial (rios e lagos), perfazem menos de 1% do total. Os nutrientes circulam entre os ecossistemas terrestres e aquáticos via ciclo hidrológico e através de organismos vivos. Nos biomas terrestres, ressaltamos sempre a quantidade de precipitação que sustenta cada ecossistema. Vejamos agora nos ecossistemas aquáticos, dulcícolas e marinhos, que juntos com os ecossistemas terrestres sustentam o ciclo hidrológico e as transferências de água na atmosfera, quais são os fatores determinantes de suas ocorrências.

BIOMA AQUÁTICO DE ÁGUA DOCE

Os biomas aquáticos de água doce são classificados em lóticos e lênticos. Os lóticos são caracterizados por águas correntes, são os rios e riachos. Os lênticos são caracterizados por água aprisionada, formando os diferentes tipos de lagos.

BIOMA LÓTICO

O bioma lótico é caracterizado por águas correntes, os rios e riachos. As águas fluentes, os rios e riachos, constituem um tipo de ambiente onde o fluxo das águas impõe um sentido, uma direção que arrasta materiais, de modo que sempre a produção das águas acima vão para as águas abaixo. Em geral, um rio nasce em um ponto elevado onde se situa um manancial ou um lago de montanha. O rio flui para baixo e o curso que toma depende da declividade do terreno e dos tipos de rochas sobre as quais escoam. Um rio corre, corre o tempo todo. Em seu curso superior em terras altas, o rio corre sobre rochas, as quais vêm fragmentando inicialmente em **MATACÕES** com alta velocidade. Nos pontos mais altos, mais próximos à nascente, a velocidade e o volume de água deslocado não permitem que a produtividade primária ocorra em grande quantidade, uma vez que o **FITOPLÂNCTON** não possui capacidade própria de deslocamento.

MATACÕES

Grandes fragmentos de rocha, resultantes de ação erosiva e encontrados nas partes superiores dos rios.

FITOPLÂNCTON

Produtores primários, algas em sua maioria, que vivem nos ambientes aquáticos e são deslocados na massa d'água.

As copas das árvores, neste trecho do rio, produzem sombreamento, impedindo que chegue luz para a realização da fotossíntese. Neste trecho do rio há peixes, crustáceos, larvas aquáticas de insetos, insetos aquáticos. Como, então, sobrevivem estes animais, se a produtividade é baixa? Este trecho do rio recebe matéria orgânica que vem da mata: são folhas, frutos, sementes, pedaços de galhos, corpos de animais que caem, se prendem entre as pedras e/ou são carregados rio abaixo. As cadeias tróficas são caracterizadas como detritívoras, pois sua energia de sustentação vem da mata para dentro do rio e os consumidores se alimentam dos detritos que se originam na mata.

A água regula também a distribuição de sedimentos, de acordo com sua velocidade e capacidade de transporte. Nos trechos mais rápidos, há deposição de sedimento mais grosso, pois o mais fino é carregado pelas correntes. No primeiro trecho do rio, vemos quedas-d'água e **REMANSOS**. A quantidade de oxigênio dissolvido na água também é reflexo de suas quedas e/ou velocidade. Ao perder velocidade, nos trechos mais baixos, o rio tem maior dificuldade para vencer obstáculos e acaba formando meandros. A distância entre suas margens é maior do que no trecho superior. Embora continue a receber material dos trechos mais altos, já existe produtividade primária, devido ao conjunto de algas que se desenvolve no leito do rio. Comparados à mata, que possui uma ciclagem de materiais fechada, os riachos possuem uma ciclagem bem aberta, importando material da mata e exportando estes e os seus próprios materiais de um trecho a outro.

Os organismos aquáticos apresentam adaptações hidrodinâmicas, que os tornam capazes de suportar correntezas, nadando contra elas ou por possuírem órgãos que os habilitem a permanecer presos às rochas. Nos locais de menor velocidade da água, encontramos organismos distintos e com características adaptativas também diferentes. Podemos distinguir, de modo geral, dois tipos de ambientes nos rios: os rápidos e os remansos.

REMANSO

Parte do rio onde as correntezas são menos intensas e as águas mais calmas.

Organismos dos rápidos

PERIFÍTON

Conjunto das algas que adere a uma superfície, como rochas e raízes.

Os produtores primários nas águas correntes são basicamente algas que formam comunidades sobre as superfícies das rochas, o **PERIFÍTON**. Lembre-se de que nos trechos encachoeirados a mata também sombreia o rio e a entrada de energia se dá principalmente através de detritos que caem da mata para o rio. Os consumidores primários nos rápidos são principalmente larvas de insetos capazes de manter-se contra a velocidade da correnteza graças a seus corpos achatados, hidrodinâmicos e com órgãos tipo ganchos (larvas de simúlídios e de tricópteros) ou ventosas que os prendem às pedras. Outra adaptação dos animais dos rápidos é a quase constante presença de reotaxia. A reotaxia é uma adaptação em que os peixes possuem o corpo afinado e, dessa forma, vencem as correntezas do rio, nadando contra a correnteza. É comum a tigmotaxia positiva, que consiste em ter desenvolvidas organelas que permitem que os animais se agarrem a superfícies duras que entrem em contato com o animal. Os organismos dos rápidos são, frequentemente, mais sensíveis a baixas concentrações de oxigênio dissolvido que os habitantes dos remansos. Os peixes podem deslocar-se livremente entre rápidos e remansos, mas sua distribuição pode variar em função da profundidade, tipo de fundo etc.

Organismos de remanso

Os remansos ficam cobertos por sedimentos finos. Macrófitas aquáticas podem se fixar nas áreas mais calmas e o perifíton das rochas é substituído nos locais mais lentos por algas planctônicas. Grande parte da energia alimentar que entra nestas águas provém de partículas detríticas advindas de montante ou das margens. Entre os consumidores primários, observam-se moluscos, caranguejos, anelídeos e larvas de insetos; as espécies de peixes podem ser substituídas por outras menos exigentes quanto a teor de oxigênio dissolvido e temperatura da água. Grande parte da fauna estará adaptada a enterrar-se no fundo, em vez de aderir às pedras. A fauna das águas lentas deve ser capaz de tolerar uma certa turbidez, sedimentos em suspensão, concentrações de oxigênio menores e temperaturas maiores.

BIOMAS MARINHOS

A vida provavelmente se originou em águas rasas dos oceanos primitivos. Hoje, excetuando-se o grupo de insetos, verifica-se uma maior diversidade animal nos ambientes marinhos, quando comparados aos ambientes terrestre ou de água doce. Segundo Soares-Gomes *et al.* (2002), a razão para isso talvez se deva ao fato de a evolução ter se processado por mais tempo nos vários ambientes marinhos e a maior estabilidade de seus fatores ambientais num tempo geológico. O ambiente marinho é habitado por quase todos os grupos animais, sendo que alguns são exclusivos desse ambiente. Entre os vegetais, 12 filos ocorrem nos mares, sendo que apenas 5 ocorrem em ambientes terrestres ou em água doce. Os mares são as regiões com a maior variedade de vida do planeta. Nem as florestas tropicais igualam-se às regiões litorâneas em produtividade primária.

Veja a tabela a seguir, que compara a produtividade entre diferentes ecossistemas do planeta em gramas de carbono fixado por metro quadrado por ano, ou seja, produtividade primária nos sistemas.

Tabela 15.1: Produtividade primária nos principais biomas terrestres e aquáticos.

ECOSSISTEMA	Produtividade*
<i>Ambiente marinho pelágico</i>	
Oceano Ártico	0,7-1
Oceano Antártico	40-260
áreas subpolares	50-110
mares temperados oceânicos	70-180
mares temperados costeiros	110-220
giros centrais oceânicos	4-10
ressurgência equatorial	70-180
ressurgência costeira	110-370
<i>Ambiente marinho bentônico</i>	
pântanos salgados	260-700
manguezais	370-450
banco de fanerógamas	550-1100
floresta de kelps	640-1800
recifes de coral	1500-5000
<i>Ambiente terrestre</i>	
desertos	0-4
florestas temperadas	550-700
florestas tropicais	460-1600

A produtividade primária, seja ela em plantas terrestres ou marinhas, é controlada por diversos fatores físico-químicos, dentre os quais destacam-se a luz, a temperatura, a disponibilidade de nutrientes, a qualidade do solo e o suprimento de água.

RESSURGÊNCIA

Movimento vertical da água, normalmente próximo à costa, que traz nutrientes das profundezas dos oceanos para as camadas superficiais.

PELÁGICAS

Grandes extensões do mar aberto.

NERÍTICO

Região do mar onde as massas de terra se expandem para o oceano formando as plataformas continentais, com limite de profundidade em torno de 200 metros.

No caso dos ecossistemas marinhos, a disponibilidade de água e a qualidade do solo não têm importância. Também a temperatura, que pode variar bastante nos ecossistemas terrestres, apresenta amplitudes de variação bem menores e graduais no mar devido às propriedades físicas da água. Dentre os fatores que afetam a distribuição na Terra, apenas dois têm importância para a produção primária fitoplanctônica: a disponibilidade de nutrientes e a luz. Contudo, considerando as características do fitoplâncton (flutuantes à deriva de correntes), um novo fator surge como fundamental para a produtividade primária no mar: a hidrografia, aqui representada por todos os fatores que geram a movimentação da água, como correntes, **RESSURGÊNCIA** e difusão. Os movimentos das massas d'água afetam a disponibilidade de luz e nutrientes. Assim, nos ecossistemas marinhos, as interrelações entre luz, nutrientes e hidrografia fazem derivar todos os padrões de produção primária global.

A quantidade de carbono existente nos oceanos é cerca de 60 vezes maior que a quantidade deste elemento na atmosfera. Esta eficiência dos oceanos em captá-lo e armazená-lo é medida através da produção primária. Segundo Lourenço *et al.* (2002), modificações nas suas condições físico-químicas e biológicas podem causar modificações no reservatório atmosférico de carbono. Nos mares mundiais, a fixação de carbono se dá basicamente pela fotossíntese, pela captação do CO₂ dissolvido na água e pela subsequente incorporação às cadeias alimentares **PELÁGICAS**. Além da grande eficiência na captação, os oceanos também apresentam uma grande capacidade de reciclar o carbono através da respiração e processos físicos que transportam o carbono das camadas mais profundas para a superfície oceânica, onde é, então, reaproveitado durante a fotossíntese. Desse balanço, apenas menos de 1% se perde para os sedimentos e profundezas.

A transição desde a linha de costa até o mar aberto é geralmente gradual. A organização dos ecossistemas marinhos é significativamente afetada pela distribuição espacial dos nutrientes. Em áreas próximas à costa, os biomas litorâneos e **NERÍTICO** recebem nutrientes procedentes de águas continentais. Estas águas são mais ricas em nutrientes inorgânicos e em partículas detríticas orgânicas do que as águas superficiais do bioma pelágico. As regiões pelágicas inferiores são enriquecidas pela queda de detritos das partes mais superficiais do mar. Os ecossistemas mais produtivos se concentram próximos às áreas continentais.

Os recifes de coral são ecossistemas resultantes de construções biológicas. Os recifes têm uma elevada diversidade de organismos, motivo pelo qual proporciona um mosaico de habitats que podem ser encontrados dentro de uma área relativamente pequena. São considerados verdadeiros “oásis” de produtividade nos oceanos, pois possuem características especiais de grande produtividade, apesar de se localizarem muitas vezes em regiões pobres em nutrientes nos oceanos. São ambientes onde se processa reciclagem de matéria localmente, ou seja, restos orgânicos dissolvidos no ambiente são prontamente reutilizados. Além disso, combinam excelente luminosidade, temperatura elevada e movimentos hidrodinâmicos, distribuindo os nutrientes.

Os produtores nos recifes de coral são **DINOFLAGELADO**, que são algas que têm **ZOOXANTELAS** e vivem em simbiose com tecidos de pólipos de corais, aproveitando diretamente elementos produzidos pela fotossíntese e capazes de edificar, com retenção de carbonatos e silicatos.

Os ecossistemas litorâneos do Complexo Mata Atlântica serão abordados nos guias das aulas práticas de campo.

DINOFLAGELADO

Tipo de alga
planctônica.

ZOOXANTELAS

Dinoflagelados
(algas planctônicas)
simbiontes
com corais.

RESUMO

O bioma de Floresta Pluvial Tropical é caracterizado, principalmente, pelos altos índices pluviométricos e altas temperaturas. A variação sazonal está relacionada com o ciclo da água, regido pelas cheias e vazantes dos rios da Bacia Amazônica. É o bioma onde encontramos todas as formas de crescimento vegetal: árvores, arbustos, ervas, lianas e epífitas. Também na faixa tropical e regido pelo ciclo das águas, encontramos a Caatinga, que se caracteriza por ter pouca precipitação e ser irregular durante o ano. Finalmente, falamos sobre o Pantanal Mato-grossense, que está sujeito ao regime de cheias e vazantes da bacia hidrográfica do Alto Paraguai. Destacamos a importância da água como recurso natural e como fator determinante na distribuição de organismos nos ecossistemas tropicais. Nos biomas aquáticos, destacamos a importância da movimentação das massas d'água e a distribuição de nutrientes como fatores fundamentais à distribuição de organismos.

EXERCÍCIOS

1. Por que nos referimos aos biomas tropicais sem mencionarmos as estações primavera, verão, outono, inverno?
2. Como a floresta pluvial tropical se mantém sobre um solo pobre?
3. Como você explica os mais altos valores de produção primária entre os biomas terrestres nas florestas pluviais tropicais?
4. O que você usaria para explicar a predominância de fauna arborícola nas florestas pluviais tropicais?
5. A caatinga nordestina e a Floresta Amazônica ocorrem na mesma latitude. Por que você acha que a Floresta Amazônica não ocorre desde o Estado do Amazonas até o Estado de Pernambuco?
6. Que fatores você apontaria como necessários para ocorrer produtividade primária nos diferentes biomas? Há diferenças entre os fatores nos biomas terrestres e aquáticos?

Recursos naturais renováveis e não-renováveis

AULA 16

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Distinguir e identificar recursos naturais renováveis e não renováveis.
- Discutir a relatividade desta distinção.
- Compreender que a própria capacidade de renovação dos recursos naturais, a qual se processa naturalmente, tem limites.
- Identificar as formas através das quais as atividades humanas, ultrapassando limiares na exploração e/ou degradação, podem interferir com a capacidade de regeneração dos recursos naturais ditos renováveis.
- Compreender que a flora, fauna, solo e água são reciprocamente dependentes uns dos outros, e por quê.
- Incorporar a noção da importância de se buscar um manejo mais sustentável dos recursos naturais renováveis.

INTRODUÇÃO

RECURSO RENOVÁVEL

Recurso que pode ser regenerado após o uso.

Do que estamos tratando

Para início de conversa, o que são os recursos naturais? Vamos ao dicionário (Aciesp, 1987):

Recurso: Qualquer componente do ambiente que pode ser utilizado por um organismo.

A Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**, considera como recursos ambientais a **atmosfera**, as **águas interiores**, superficiais e subterrâneas, os **estuários**, o **mar territorial**, o **solo**, o **subsolo**, os elementos da **biosfera**, a fauna e a flora. O homem utiliza ou se relaciona com todos esses recursos, certo? Isso significa que todos são alterados pelo homem, qualitativa e/ou quantitativamente.

Um recurso biológico, uma planta ou um animal que se reproduz tem capacidade de se renovar: é **RENOVÁVEL**. O petróleo, extraído da terra, não é regenerado após o uso: é um **RECURSO NÃO-RENOVÁVEL**.

É simples essa distinção, não? Parece. Mas as interferências humanas complicam essa questão. São capazes de transformar um **RECURSO RENOVÁVEL** em recurso não renovável. Esses conceitos são, então, relativos. Isso porque há limites nessa capacidade de renovação.

Vamos analisar cada caso separadamente.

RECURSO NÃO-RENOVÁVEL

Recurso que não é regenerado após o uso. Ex.: recursos minerais, que se esgotam.

MINERAIS

São substâncias naturais formadas em resultado da interação de processos geológicos em ambientes geológicos. Cada mineral é classificado e denominado não apenas com base na sua composição química, mas também na estrutura cristalina dos materiais que o compõem. Ex: diamante.

RECURSOS NATURAIS NÃO-RENOVÁVEIS

O caso dos recursos caracterizados, *a priori*, como não-renováveis não apresenta grandes dúvidas. A maioria dos **MINERAIS** está enquadrada no grupo dos recursos naturais *não-renováveis*.

Os recursos minerais estão presentes em quase tudo na nossa vida. *Nas residências*, desde os materiais de construção (areia, pedra, cimento, ferro etc.), passando pela pintura (pigmentos como ferro, zinco e titânio), pelas ferragens para banheiro e cozinha (ferro, cobre e outros), pelas janelas (alumínio, vidro) e por vários utensílios domésticos, os minerais são as matérias-primas. *As aplicações industriais* são muitas e diversas. E não podemos deixar de lembrar os minerais que são *fonte de energia*,

como o carvão e o petróleo. São responsáveis por grande parte da poluição atmosférica e líquida, como se dá com as **CHUVAS ÁCIDAS**, envolvendo **custos sociais** em sua queima. A despeito desses custos e da certeza de sua natureza finita, nossas sociedades ainda são extremamente dependentes dessas fontes energéticas, desencadeando-se até conflitos internacionais.

Dada essa extensiva dependência em relação aos recursos minerais, sua exploração deve ser objeto de um planejamento que considere seu **caráter finito**, aproveitando-o de forma mais eficiente e com menos desperdício. Maior **eficiência de uso** pode requerer reaproveitamento de rejeitos ou resíduos. O aproveitamento dos rejeitos da produção industrial e da transformação dos materiais em geral poderia amenizar a pressão sobre o meio.

Mas as preocupações com a questão ambiental, além da perspectiva de um possível esgotamento de algumas das *fontes de energia* utilizadas e, no Brasil, a recente crise energética com o risco de racionamento de eletricidade levam-nos a voltar para as **fontes não convencionais de energia**. São fontes *renováveis* de energia com diversas finalidades, da produção de combustível à geração de eletricidade. Entre elas, destaca-se a energia produzida a partir de biomassa, dos ventos (eólica) e do sol – que, além de gerar eletricidade, viabiliza o aquecimento de água. O uso do hidrogênio para abastecimento de veículos e as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) também merecem atenção, já que as grandes barragens para hidrelétricas têm sido combatidas por representar grandes impactos de degradação ambiental. As fontes renováveis cumprem ainda a função de levar eletricidade a áreas rurais não cobertas pela rede pública de abastecimento – como regiões remotas do Nordeste brasileiro. Num futuro próximo, será cada vez mais importante o uso das fontes de energia renováveis.

Finalizando, não é demais lembrar que a **exploração, transporte e manuseio dos minerais** podem causar uma série de danos ambientais. As atividades de mineração deixam como resultado paisagens desoladoras. O lançamento de mercúrio nos rios em áreas de exploração do ouro tem tido efeitos altamente prejudiciais às biotas locais e às comunidades humanas que vivem daqueles recursos, como da pesca. Volta e meia sabemos de derramamentos de óleo na Baía de Guanabara ou de caminhões que tombam nas estradas, lançando aos rios sua carga tóxica à atividade biológica. A exploração de minerais requer, então, **estudos de impactos ambientais** para definição de **medidas mitigadoras**,

CHUVA ÁCIDA

É considerada ácida a chuva que apresenta valores de pH menores que 5,6.

Resulta da reação que ocorre entre a água da chuva e óxidos de enxofre e nitrogênio, oriundos predominantemente da queima de biomassa e combustíveis fósseis (carvão mineral e derivados de petróleo).

Os ácidos sulfúrico (H_2SO_4) e o nítrico (HNO_3), assim formados, encontram-se dissociados em fase aquosa, isto é, sob a forma de íons hidrogênio (H^+), nitrato (NO_3^-) e sulfato (SO_4^{2-}).

A chuva ácida tem efeitos ecológicos, particularmente afetando a vida em sistemas lacustres, comprometendo a pesca, mas afetando também as florestas e a agricultura.

Nas áreas urbanas, ajuda a corroer os materiais usados nas construções e monumentos.

assim como procedimentos de **recuperação das áreas degradadas**. Quanto à possibilidade de ocorrência de acidentes relacionados ao transporte, manuseio e áreas de acumulação de rejeitos, cuidados redobrados devem ser tomados no sentido de evitá-los, seguindo-se normas cujo cumprimento deve ser fiscalizado.

RECURSOS RENOVÁVEIS

Recursos Florísticos

FLORA

O conjunto das espécies vegetais de uma determinada localidade. (Aciesp, 1987).

Bem, talvez seja bom distinguirmos **FLORA** de **VEGETAÇÃO**, pois ao falarmos de flora estaremos nos referindo exclusivamente às espécies presentes em uma área. Ao falarmos de vegetação, uma expressão mais genérica, estamos nos referindo ao conjunto, o qual tem importantes papel no ambiente.

No que se refere à flora, as atividades de desmatamento e alterações de habitats provavelmente têm levado ao desaparecimento de espécies vegetais que sequer conhecemos. Entre as espécies hoje conhecidas, algumas já integram, lamentavelmente, as nossas listas de espécies em extinção ou ameaçadas de extinção, o que exprime graus diferentes de vulnerabilidade. Com a extinção, desaparecem potenciais de uso medicinal, nutricional etc., que muitas vezes desconhecemos. Desaparecem recursos genéticos e de biodiversidade que a evolução **cuidadosamente** elaborou. Não há retorno possível. Não há **renovação**.

Já quando objetivamos a conservação da **VEGETAÇÃO**, queremos que ela continue a favorecer a infiltração da água nos solos, garantindo o reabastecimento dos mananciais, que continue mantendo o solo e protegendo as encostas, e mantendo a fauna que a acompanha. A vegetação tem *responsabilidades* ambientais! Esses papéis advêm de suas interações com esses outros recursos: a água, o solo e a fauna. O processo de **desertificação** é um triste exemplo da repercussão ambiental de um mau uso da cobertura vegetal e do solo em regiões onde o recurso hídrico já é crítico.

VEGETAÇÃO

Conjunto de plantas que cobre uma região. (Aciesp, 1987). Pode ser caracterizada através de sua **composição florística** (lista de espécies), **fisionomia** (a expressão visível do conjunto, constituído a partir da forma biológica e organização dos componentes da comunidade vegetal) e sua **estrutura fitossociológica** (a organização das espécies na comunidade, apontando-se aquelas que são ali relativamente mais importantes).

Desertificação

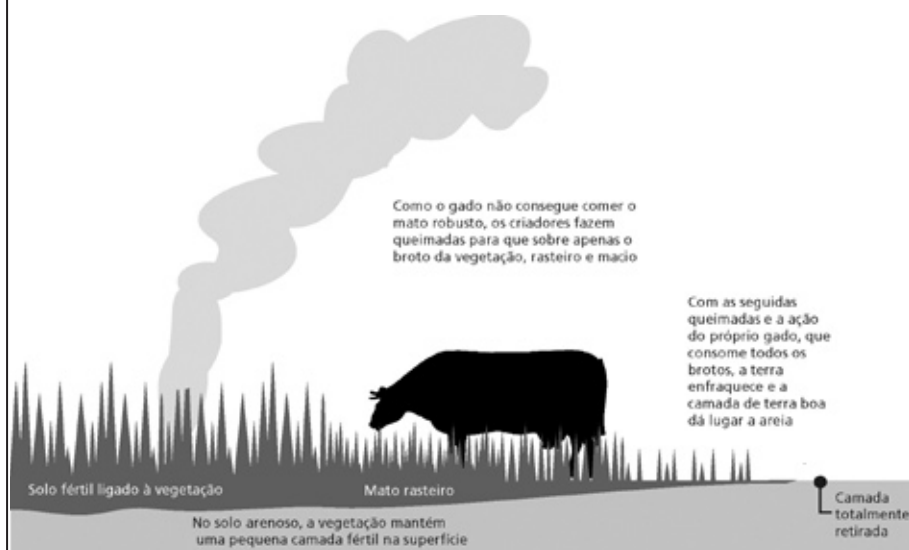
“Degradação da terra nas regiões áridas, semi-áridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, entre eles as variações climáticas e as atividades humanas” (Agenda 21 – Rio-92).

Em regiões de clima seco e variável, a pressão exercida pela atividade agrícola das sociedades humanas pode causar o declínio das colheitas, degradação do solo e regressão quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos.

Assim, tal “degradação da terra” corresponde à degradação dos solos, dos recursos hídricos, da vegetação e à redução da qualidade de vida das populações.

No semi-árido nordestino há 4 áreas críticas.

No Tocantins, queimadas em áreas de cerrado estão levando à expansão do “Deserto do Jalapão”.



Bem, do que depende a **renovação** da vegetação? Ela se faz a partir da germinação de sementes ou de rebrotamento de partes do vegetal, e depende de que haja “áreas-fonte” próximas, animais para polinização e dispersão. Ah!, ia me esquecendo... Depende de um solo que a sustente, e de água, essencial para a produção das plantas pela fotossíntese. A degradação destes outros três recursos compromete, portanto, a **renovação** da vegetação.

Então,

Fauna, Solo e Água → Renovação da Vegetação.

SILVICULTURA

Ciência do trabalho nas florestas, visando a produzir principalmente matérias-primas básicas para a humanidade. Ciência que tem por finalidade o estudo e a exploração das florestas.

Isso sem falar na degradação direta da vegetação (a área-fonte), no desmatamento generalizado na busca de terras para as atividades agropecuárias, como tem se dado na Amazônia e nas áreas de cerrado, assim como nos impactos decorrentes da extração de madeiras nobres (que assim vão se extinguindo) de forma predatória, sem preocupações de reposição. Seitz (1990) diz que a situação das florestas brasileiras mostra que estas não são um recurso natural renovável. No Brasil, a **SILVICULTURA** está voltada para os plantios homogêneos, de pinheiro e eucalipto, por exemplo, com a finalidade de produzir madeira. Esses conjuntos monopopulacionais são muito distantes de uma floresta multifuncional que, além daquelas funções citadas anteriormente, nos proporciona ambiente agradável para o lazer. Hoje, a silvicultura deve se preocupar em manter a biodiversidade e a qualidade de vida para o homem.



Figura 16.1: Floresta natural x Floresta homogênea.

Recursos Faunísticos

Os recursos faunísticos, ou animais, são altamente vulneráveis, e a história do homem, lamentavelmente, já acumulou a extinção de várias espécies em consequência da caça e pesca extensivas. O desmatamento e destruição de habitats, e a poluição dos lagos e cursos de água têm sido também responsáveis por impactos à fauna.

A eventual extinção de certos animais de interesse econômico, devida a sua caça predatória, pode ser evitada caso haja uma fiscalização mais rigorosa e medidas de manejo. Silva e colaboradores (1999) apontam o caso do jacaré no Pantanal Mato-grossense como exemplo da importância do controle público. A criação de jacaré em cativeiro

tem possibilitado tanto o aproveitamento da carne quanto do couro, e tem diminuído bastante a pressão predatória. Muitas vezes o estímulo da criação desses animais, com fins comerciais e regulamentados por uma legislação específica, pode reduzir bastante o risco de extinção de certas espécies.

A **renovação** do recurso faunístico depende, além do controle da caça e da pesca, da preservação dos ambientes terrestres naturais, onde a vegetação sirva de abrigo e base para as cadeias alimentares, e também dos ambientes aquáticos que, livres de agentes poluentes, possam manter suas cadeias alimentares diversificadas. Na próxima disciplina de Ecologia você vai ter oportunidade de refletir sobre a problemática da fragmentação dos habitats naturais, que afetam tanto os recursos vegetais quanto – e principalmente – os animais.

Então,

Vegetação e Água → Renovação da Fauna.

Solo

A **renovação** do solo se faz de forma natural com a participação da vegetação que cede a maior proporção da matéria orgânica morta que vai alimentar a diversificada comunidade **EDÁFICA**. Essa comunidade é responsável pela decomposição da matéria orgânica, produzindo o **HÚMUS**, que tem múltiplos papéis nas condições físicas e químicas do solo. Incluem-se aí as condições do solo responsáveis pelo próprio desenvolvimento da vegetação, assim como as condições relacionadas ao direcionamento predominante da água da chuva ao chegar na superfície do solo, isto é, se ela vai predominantemente infiltrar-se no solo ou se seguirá a via do escoamento superficial. Algumas destas condições você verá mais adiante, na Aula 19. Mas vou adiantando que esse direcionamento da água da chuva tem importância direta na **EROSÃO**, processo bastante comum de degradação do solo.

Se você analisar o que já foi dito, verá que a vegetação proporciona a continuidade da dinâmica biológica do solo que, por sua vez, proporciona a continuidade do desenvolvimento da vegetação. Certo? Isto é,

Vegetação → Solo → Vegetação ou melhor,

Vegetação ⇔ Solo

EDÁFICO

Pertencente ou relativo ao solo. A “comunidade edáfica” inclui, além das raízes das plantas superiores, os microorganismos e a fauna do solo.

HÚMUS

Produto da decomposição parcial da matéria orgânica morta.

Em razão de suas propriedades coloidais, tem grande importância nas propriedades do solo relacionadas à disponibilidade de nutrientes, de ar e de água.

EROSÃO

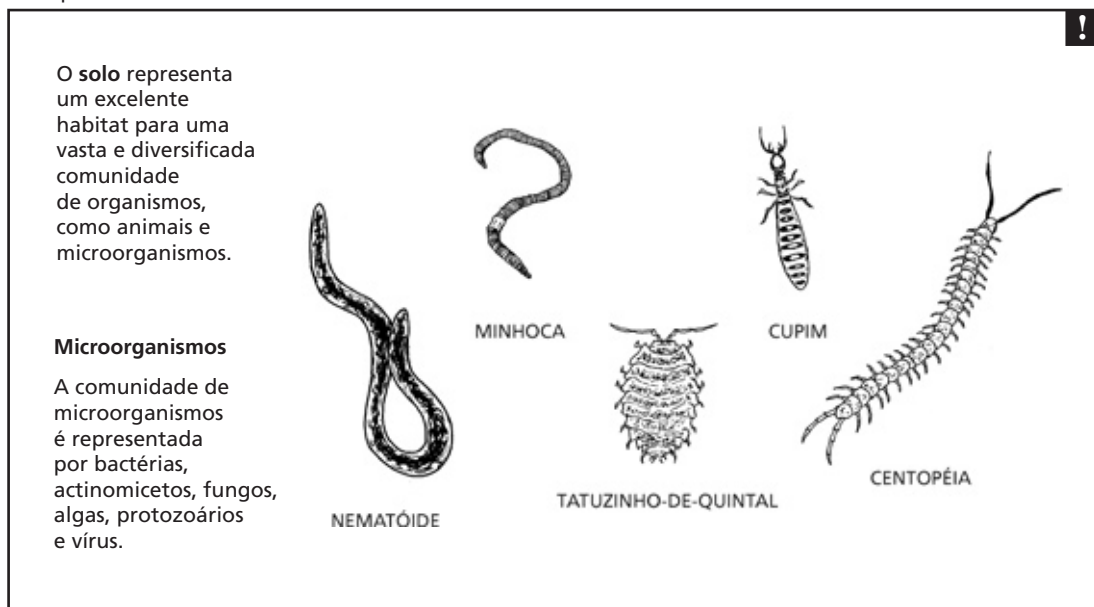
Desgaste do solo por agentes como a água, vento ou mar. A **erosão hídrica** se dá pelo destacamento, transporte e deposição das partículas do solo.

Esta última representação pretende enfatizar a reciprocidade da relação.

Além da vegetação ser, em grande parte, responsável pela *realimentação* do solo, ela é importante para sua simples manutenção, dependente da ação protetora da vegetação.

Bem, não queremos menosprezar os papéis da **fauna** e dos **microorganismos** do solo. São eles que, fazendo parte de complexas redes alimentares, atacam a matéria orgânica no processo de **decomposição** que culmina com a liberação, no ambiente, dos elementos minerais em forma inorgânica prontos para uma reabsorção pelas plantas. Você já ouviu falar disso nesta mesma disciplina, certo? É claro! Estamos falando da **ciclagem de nutrientes**! A vida no interior do solo é responsável, então, pela manutenção da fertilidade do solo.

Exemplares da fauna no solo.



A decomposição é o que principalmente caracteriza o, digamos assim, metabolismo do ecossistema solo. Poderíamos também dizer que é nesse processo que ele tem continuidade, pois constitui a própria atividade biológica do solo.

Ampliando nossa escala de conversa, isto é, indo do ecossistema solo para o ecossistema terrestre como um todo, poderíamos dizer mais.

Que é também em função da decomposição que libera os nutrientes para a absorção pelas plantas, iniciando-se um novo ciclo de nutrientes, que é possível a continuidade da produção orgânica pela fotossíntese. E isso significaria a continuidade do funcionamento daquele ecossistema. Você tem visto, nesta disciplina, que os ecossistemas funcionam através de um **fluxo de energia** e uma **ciclagem de minerais**. O fluxo de energia e a ciclagem de minerais ocorrem conjuntamente, e um é condição para o outro. A decomposição e a ciclagem de nutrientes são as principais funções ecológicas do solo.

Aí apareceu outra palavrinha importante: continuidade. Você já deve ter ouvido ou lido a palavra **SUSTENTABILIDADE**. A possibilidade de se sustentar cria a possibilidade de continuar.

Os sistemas ambientais **ANTROPIZADOS** que utilizam diretamente o recurso solo – o sistema agrícola e o de pastagem – não são auto-sustentáveis. Mas seu manejo precisa manter o máximo possível, já que é um sistema que tem objetivos muito próprios, sua capacidade de renovação, sua sustentabilidade.

Eu espero que o texto anterior tenha lhe convencido da importância de se manter um retorno de matéria orgânica ao solo! E, então, você pode imaginar os efeitos negativos decorrentes de **queimadas** que destroem esta matéria orgânica!

Em síntese:

Vegetação → doação de matéria orgânica ao solo → decomposição → ciclagem de nutrientes.

A **renovação** do solo é responsável pela **renovação** e continuidade dos ecossistemas terrestres.

SUSTENTÁVEL

Capaz de se manter mais ou menos constante, ou estável, por longo período.

ANTRÓPICO

Relativo ao homem.
Relativo à ação do homem sobre a natureza.
(Aurélio - 3.0)

Água

Os recursos hídricos já foram bastante abordados em várias aulas no Módulo 3 de Grandes Temas em Biologia, que trataram inclusive das formas de degradação. Aqui falaremos de sua capacidade de renovação.

A **renovação** da água se faz através de um ciclo: o ciclo hidrológico. Esse ciclo, que envolve mudanças de estado, em síntese, é composto da entrada da água na atmosfera através da **evaporação** direta e da **transpiração** pelos organismos e seu retorno à superfície da Terra através da precipitação. Mas entre esses dois processos há a passagem da água através de uma série de passos ou partes do meio terrestre.

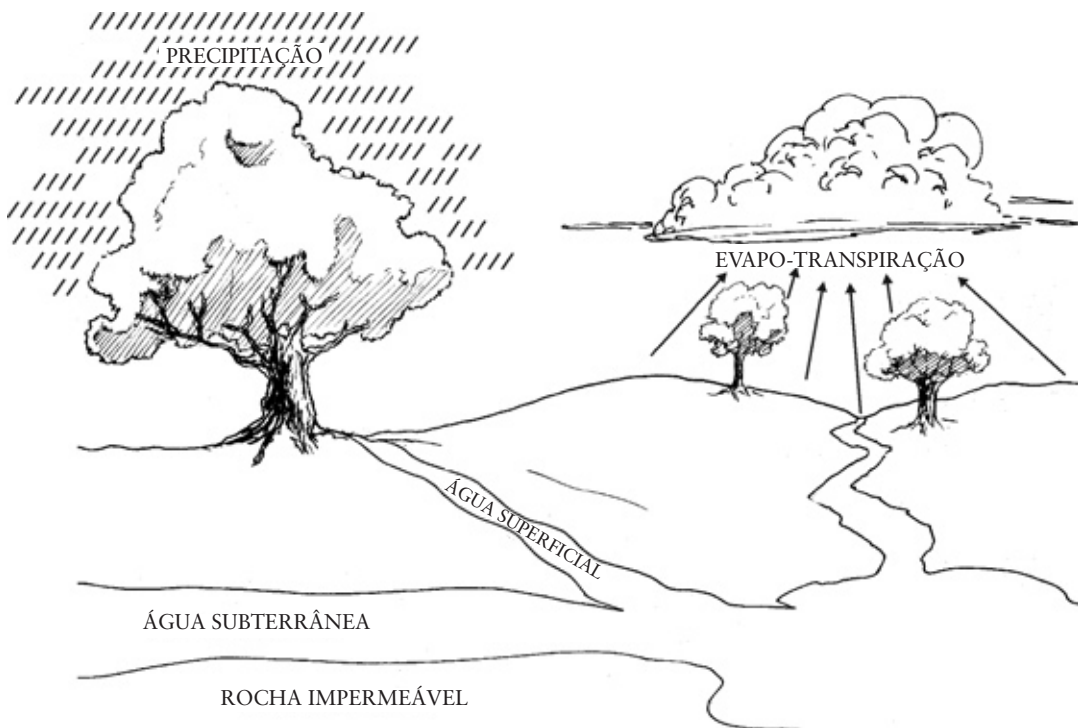


Figura 16.2: Síntese do ciclo hídrico

EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Fenômeno combinado de evaporação da água do solo e das superfícies líquidas, e de transpiração dos vegetais (Aurélio – 3.0). Total de água que retorna da terra para a atmosfera, seja diretamente do solo e das superfícies líquidas, pela evaporação, seja indiretamente, através da transpiração da água que foi absorvida pelas plantas.

Para o homem, a água doce disponível para o seu consumo direto e para suas atividades de produção de alimentos (irrigação), atividade industrial, de produção de energia, de lazer etc. vem da **água superficial** (dos corpos e cursos de água) e da **água subterrânea**, captada através de poços. As águas subterrâneas são consideradas a reserva estratégica de água doce do planeta. No Estado de São Paulo, por exemplo, o abastecimento público de mais de 95% dos municípios da região Noroeste depende diretamente das águas subterrâneas.

A água dos cursos-d'água é a soma da chuva, que é momentânea, com a água subterrânea, que é aquela que garante a perenidade dos mananciais e, com isso, a regularidade dos rios, mantendo-os mesmo na estação seca.

Na verdade, a perenidade dos mananciais acontece apenas nas regiões onde as condições climáticas contribuem com uma precipitação suficiente para recarregar esta água subterrânea. Quando isso não é possível, os rios são temporários, presentes apenas na estação das chuvas.

O texto anterior falou da continuidade dos mananciais. Mas é preciso chamar a atenção para o fato de que eles só serão permanentes naquela região se as condições climáticas não mudarem, e se as condições do solo permitirem a continuidade da entrada da água da chuva até que ela se junte à água subterrânea. O que pode impedir ou dificultar isso? A impermeabilização dos terrenos, como ocorre nos solos urbanos. Um mau uso agrícola ou por pastagens que exponha o solo aos efeitos prejudiciais da chuva direta (como veremos mais adiante, na Aula 19) ou que compacte o solo diminuindo sua porosidade. E o desmatamento, que também leva também à degradação das condições edáficas.

O caso é o seguinte:

Homem \Rightarrow Cobertura do Solo

\Rightarrow Relação Solo / Água da Chuva

\Rightarrow Disponibilidade de água para o homem

Isto é, quando o Homem altera a cobertura do solo, ele interfere na interação do solo com a água da chuva, o que retorna a ele em termos de redução da disponibilidade de água.

Agora, se extraímos, em excesso, a água subterrânea para nosso uso, estaremos diminuindo o nível do lençol freático que talvez não possa mais, então, aflorar a partir daqueles pontos da paisagem. Pronto! Eis aí outra forma de ressecarmos as nascentes, provocando o desaparecimento dos rios.

No Nordeste brasileiro, de clima semi-árido, onde os rios que lá nascem são temporários, o abastecimento a partir da água subterrânea é de grande importância. Mas, reflita: se há carência de chuvas na região, o que reabastece esta água subterrânea? É possível que essa água seja o que chamamos água fóssil, que seria decorrente de um armazenamento em épocas passadas, quando o clima na região teria sido mais úmido do que hoje. Se ela estiver sendo extraída em proporção maior do que a de sua reposição, ela não pode ser considerada renovável!

Percebemos, então, a importância de se realizar estudos geológicos e ambientais que norteiem tomadas de decisão quanto à exploração dos recursos hídricos. Orçamentos hídricos que contabilizem entradas e saídas dos diversos compartimentos do ambiente podem nos indicar a capacidade de suportar retiradas sem que isso implique em esgotamento do recurso. Em certas áreas, o uso intensivo das águas subterrâneas vem constituindo-se em grande ameaça à preservação de mananciais. Torna-se urgente, nestas regiões, a intensificação dos estudos de ocorrência e uso atual das águas do subsolo.

Você já refletiu sobre a importância, para a região Nordeste, do rio São Francisco, que é permanente graças à localização de sua nascente em região de clima mais úmido? Pois é. Por isso se tem discutido a viabilidade e interesse, contrabalançando prós e contras, de um polêmico projeto de transposição do Rio São Francisco. Esse projeto prevê a criação de dois braços que sairiam do rio para abastecer Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. Medidas desse tipo devem considerar o impacto no próprio recurso hídrico, além de outros impactos ambientais. Desvios de água podem criar excessos em um lado, e déficits em outro, mudando a paisagem e alterando sistemas ambientais.

Além destas questões que dizem respeito à quantidade de água disponível, é preciso lembrar que tanto a poluição da água superficial quanto a contaminação da água subterrânea, através da poluição dos solos, as transformam em não disponíveis para os usos que pretendemos lhes dar. Seu uso impróprio implicou em uma incapacidade de renovação da água disponível.

Na região Sudeste, embora os rios e mares nos dêem a impressão de abundância, e de que sempre teremos muita água para beber, experiências desastrosas que obrigaram a suspensão de abastecimento, como já aconteceu com várias cidades dependentes do rio Paraíba do Sul, nos fizeram aprender (esperamos!) que a continuidade da disponibilidade de água requer contínua vigilância!

A água pode ser um recurso renovável, porém finito, e vulnerável à degradação. Desvios de água podem ser intencionais ou mesmo efeitos secundários de alterações a que submetemos o ambiente. Mas os desvios de água que, de outra forma, seguiriam outras vias predominantes no seu ciclo (impacto quantitativo) ou a degradação pela poluição (impacto qualitativo) reduzem sua disponibilidade aos usos pretendidos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A relatividade do conceito de recurso natural renovável está em que um uso inadequado destes recursos pelo homem pode interferir em sua capacidade de renovação, comprometendo-a.

A Terra é finita, e os recursos naturais são finitos e limitados, e, em muitos casos, já ameaçados de se tornarem inúteis ou irrecuperáveis. Mesmo quando possível, os custos para a recuperação de certos ecossistemas, ou recursos, podem tornar esta proposta inexequível. Os custos de recuperação são quase sempre muito maiores do que os de preservação, e muitas situações são irreversíveis. É como na Medicina: a prevenção é o melhor remédio!

E, pelo que vimos, a exploração e/ou degradação excessiva de um destes recursos pode ter consequências em sua disponibilidade, mas também na disponibilidade de outro recurso natural, dadas as relações de interdependência existentes entre eles.

A capacidade de renovação da água, do solo, da fauna e da flora depende, enfim, de que não sejam ultrapassados limiares de sua capacidade de suporte, com o esgotamento da capacidade regenerativa natural. Ir além desta capacidade significará degradação ou esgotamento do recurso.

Dessa forma, mesmo os recursos ditos renováveis só podem ser utilizados a longo prazo por meio de **métodos racionais**, com uma preocupação **conservacionista**, isto é, que evite os desperdícios e os abusos.

A proposta mais atual é a busca de um desenvolvimento sustentável. Não existe ainda um consenso a respeito do que seja, na prática, desenvolvimento sustentável, mas a idéia geral é a de um desenvolvimento econômico e social que seja ao mesmo tempo conservacionista, isto é, que utilize, racionalmente, os recursos naturais e que evite seu esgotamento e os problemas ambientais (poluição, perda de biodiversidade, erosão dos solos etc.). Teoricamente é fácil, mas na realidade é muito difícil.

A sustentabilidade dos sistemas naturais requer que seja preservada a capacidade de renovação dos recursos naturais. Isto impõe regras e limites às interferências humanas e à exploração econômica.

MANEJO

“É uma interferência planejada e criteriosa do homem no sistema natural, para produzir um benefício ou um objetivo, favorecendo o funcionamento essencial desse sistema natural, com sobras para o usufruto do homem” (Alho, 1992, p. 119).

Este balanço entre o interesse do Homem, inclusive na busca de benefícios econômicos, e a proteção à natureza deve ser alcançado pela interferência racional, pela aplicação de técnicas de **MANEJO**.

A proteção à natureza envolve, também, valores morais, científicos, estéticos, recreativos, culturais, simbólicos e históricos (Alho, 1992, p. 113), além do valor direto e utilitário.

Voltando à Lei nº 9.985 com que iniciamos esta aula, ela definiu por **conservação da natureza**, “o **manejo do uso humano da natureza**, compreendendo a **preservação**, a **manutenção**, a **utilização sustentável**, a **restauração** e a **recuperação do ambiente natural**, para que possa produzir o maior benefício, em bases sustentáveis, às atuais gerações, mantendo seu potencial de satisfazer as necessidades e aspirações das **gerações futuras**, e garantindo a **sobrevivência dos seres vivos em geral**”. (Grifo nosso.)

RESUMO

Os recursos minerais são recursos naturais não renováveis. As águas interiores, superficiais e subterrâneas, o solo, a fauna e a flora podem ser considerados **recursos renováveis**, já que podem se regenerar após o uso.

Contudo, mesmo os recursos renováveis são recursos finitos, os quais dependem da manutenção de um capital mínimo para que seja mantida essa capacidade de regeneração. Sua renovação depende, também, da integridade dos outros recursos, pois organismos, solo e água são componentes de um sistema integrado que funciona a partir da interação recíproca entre seus componentes.

A má administração dos recursos naturais pode destruir sua capacidade de renovação, transformando recursos renováveis em não renováveis. Essa distinção é, portanto, relativa. A **exploração racional** e o adequado **manejo** dos recursos naturais renováveis devem considerar sua capacidade de suportar retiradas ou interferências, sem que isso implique em esgotamento ou degradação do recurso. A necessidade de sustentabilidade dos sistemas naturais impõe regras e limites às interferências humanas e à exploração econômica.

“A humanidade precisa buscar o desenvolvimento sustentado, para viver dentro da capacidade de suporte do planeta Terra.” (Alho, 1992, p. 107)

EXERCÍCIOS

1. Quais foram os dois principais problemas que o texto apontou quanto ao uso de carvão e petróleo como fonte de energia? Como a humanidade tem reagido a isso?
2. Dê dois exemplos da relação de interdependência entre, pelo menos, dois desses recursos: flora, fauna, solo e água. Explique como esta relação pode ampliar o efeito da degradação de um dos recursos.
3. Dê um exemplo de degradação e um de exploração excessiva de um recurso natural que implique em destruição de sua capacidade de renovação.
4. Qual é a origem da água que é utilizada em sua casa? Ela vem de um rio ou da água subterrânea? Já aconteceu, alguma vez, desse abastecimento ser interrompido por algum problema ambiental? Se aconteceu, houve interferência antrópica ou foi um evento climático extraordinário? Foi uma questão quantitativa ou de qualidade?
5. Reflita como a capacidade de renovação da água, através de um ciclo, pode se relacionar com a noção de finitude ou de limitação.
6. Associe as expressões: recursos naturais – conservação da natureza – manejo do uso – desenvolvimento sustentável – gerações futuras.

objetivos

Esta aula está dividida em duas partes. Na primeira, você entrará em contato com a conceituação básica de poluição, aprofundando-se um pouco em poluição do solo, da água e do ar. Na segunda parte, analisaremos mais detidamente o processo de eutrofização, com um exemplo de estudo em corpo aquático no Rio de Janeiro. Desta forma, ao final desta parte, você deverá estar apto a:

- Identificar conceitos de interação ecossistêmica que ajudem na definição de poluição ambiental.
- Avaliar os limites de algumas definições para o termo poluição.
- Identificar os principais tipos de poluição ambiental, assim como sua classificação.

INTRODUÇÃO

Esta nossa aula tratará de um assunto tão importante quanto polêmico nos dias atuais: a poluição. Para esclarecermos suficientemente esse assunto, você poderá acompanhar os tópicos que escolhemos para melhor abordá-lo e que incluem a sua definição, os tipos conhecidos de poluição, sua classificação e alguns exemplos importantes de ocorrência no Rio de Janeiro.

O homem, como qualquer espécie do nosso planeta, interage com o ambiente que o abriga, modificando-o e transformando-o de acordo com suas necessidades. Os resultados dessa interação aparecem e atuam diferentemente em diversos componentes do meio, tais como o ar, o solo, a água e os próprios seres vivos.

Um exemplo bastante visível das interferências humanas sobre os ecossistemas pode ser verificado nas atividades agrícolas e florestais, cujas práticas intensivas e extensivas induzem modificações espaciais difíceis até de serem **CARTOGRAFADAS** em nível mundial.

Entretanto, no ecossistema urbano, os resultados das interferências também aparecem tão nitidamente que podem originar inclusive sérias quedas na qualidade de vida das cidades, como veremos a seguir.

CARTOGRAFIA

É a ciência que trata da concepção, produção, difusão, utilização e estudo dos mapas.

O QUE É MESMO POLUIÇÃO?

Inicialmente, gostaríamos que você prestasse atenção a algumas manchetes de jornal que selecionamos para nossa primeira abordagem da poluição, aquela que trata de defini-la. O *Jornal do Brasil*, de 11/4/2003, informa sobre o **vazamento de produtos tóxicos** provenientes de uma empresa de papel na cidade de Cataguases, Minas Gerais, com a manchete “**Captação** continua proibida”. Através do artigo, sabemos que a água dos rios Pomba (MG) e Paraíba do Sul (RJ), no qual o primeiro deságua, não serve para ser utilizada pela população, deixando mais de 500 mil pessoas sem água. Na mesma edição do *JB*, outra manchete: “**Despoluição** pode ficar sem recursos”, a propósito do tratamento da água da Baía de Guanabara, RJ. A *Folha de S. Paulo*, edição de 9/4/2003, estampa: “Barragem rompe e **polui** mangue no Rio”, sobre o rompimento da barragem de uma empresa na cidade de Itaguaí (RJ), liberando milhares de litros de água contaminada por metais pesados diretamente para os manguezais da Baía de Sepetiba.

São manchetes preocupantes, concorda? Da análise dos artigos citados, podemos tirar uma conclusão e uma pergunta importantes. A primeira é que podemos verificar na prática uma **abordagem conceitual** que vimos enfatizando ao longo de muitas de nossas aulas anteriores: a **interdependência** entre os ecossistemas! Veja que o acidente da fábrica de papel ocorreu em um rio de Minas Gerais que, por sua vez, deságua em um rio do Rio de Janeiro, trazendo para nosso ecossistema aquático as consequências de uma interferência realizada em outro ecossistema. Ainda em vista do que você leu nas manchetes selecionadas, a pergunta que se coloca é: como definir poluição? Podemos dispor aqui de algumas definições, embora você possa encontrar na literatura diversas outras ou variantes dessas que apresentaremos.

Primeiramente, podemos discutir a definição encontrada no livro de Branco e Rocha (1987), segundo a qual a poluição pode ser entendida como **qualquer alteração da composição e das características do meio, que cause perturbações nos ecossistemas**. Ainda não é uma definição satisfatória e os próprios autores citados colocam algumas dúvidas em relação a sua significância. Vejamos que dúvidas são essas.

Inicialmente, imagine a introdução de uma grande quantidade de água doce, *limpa*, em um ambiente marinho. A simples variação de salinidade pode desencadear várias outras perturbações, concorda? Algumas espécies estenoalinas (lembra o que significa esse termo? Reveja a Aula 4) podem desaparecer, fato que, por sua vez, interfere no tamanho populacional de outras espécies, por causa da variação nos elos das cadeias alimentares dos ecossistemas aí existentes. Seria apropriado – perguntem os autores consultados – considerarmos esse fato um fenômeno de poluição e, neste caso, a água introduzida como um poluente?

Podemos citar outros exemplos que podem entrar em conflito com uma definição muito *fechada* de poluição. A irrigação permanente de uma área desértica pode provocar profundas modificações na flora e na fauna, adaptadas a um ambiente de baixa umidade e longos períodos sem chuva. Você consideraria poluente a água de irrigação?

As perturbações cíclicas, causadas por fenômenos naturais, também podem ser avaliadas dessa forma. A matéria orgânica resultante dos processos naturais de decomposição no solo pode ser transportada para ambientes aquáticos vizinhos onde, nas épocas de chuva, costumam causar grandes alterações no equilíbrio do oxigênio. Essas perturbações podem ser consideradas como resultantes de um processo de poluição, ainda que não devida à interferência humana?

Você já deve estar percebendo a dificuldade de uma definição **precisa** nesse contexto. Uma definição de poluição estreitamente relacionada *apenas* a perturbações ecológicas escapa à conceituação geral, que deve incluir o agente causador, a substância poluente e os seus efeitos, tanto naturais quanto estéticos. Desse modo, uma definição razoável seria a que encontramos em Holdgate (1979), que considera poluição “a introdução no ambiente, realizada pelo homem, de substâncias ou energia capazes de causar riscos à saúde humana, aos recursos vivos e aos sistemas ecológicos, danos a estruturas e alterações ou interferência com os usos legítimos do ambiente”. De posse dessa definição, podemos prosseguir classificando os diferentes tipos de poluição ambiental, porque a maioria deles está relacionada com a definição anterior.

DIFERENTES TIPOS DE POLUIÇÃO AMBIENTAL

Entre os muitos tipos de poluição ambiental, podemos nomear aqueles de **natureza física**, como a poluição visual e sonora, os de **natureza química** (despejos de produtos inorgânicos e orgânicos) e os de **natureza biológica**, entre os quais podemos citar a introdução deliberada de espécies exóticas, invasoras ou mesmo de Organismos Geneticamente Modificados (OGMs) nos ecossistemas. Sobre esses últimos e sua influência no meio ambiente, você poderá se informar melhor na Aula 23.

Poluição física

A poluição física relativa aos aspectos **sonoros** e **visuais** está freqüentemente associada aos grandes centros urbanos. Longos períodos de exposição a diversas formas de barulho, mesmo em níveis relativamente baixos, podem ocasionar problemas de saúde humana, tais como aumento de pressão arterial, hipertensão, dificuldades para dormir, deficiência auditiva, fadiga e dificuldades de aprendizado em crianças em desenvolvimento, além de diminuição da faculdade de memória, e desordens psiquiátricas, incluindo neuroses e estresse.

A unidade de medida do som é o decibel (dB). Como a escala dos decibéis é logarítmica, consideramos que um som de dois dB é dez vezes mais intenso que um som de um dB. Para se ter uma idéia de sua escala, o som da voz humana sussurrando é de 20 a 50 dB. A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda, para que haja uma adequada noite de sono, um nível de ruído médio noturno máximo com valores entre 30 e 35 dB, e um pico máximo de 45 dB. A importância da **poluição sonora** é em parte refletida na legislação ambiental nacional e internacional. No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) é responsável pela geração de 12 resoluções associadas a limites máximos de ruído, além de outras diretrizes, incluindo desde equipamentos eletrodomésticos a veículos automotores.

Poluição visual

A **poluição visual** pode ser entendida, geralmente, como toda e qualquer manifestação visual que perturbe negativamente o conceito de estética, harmonia e/ou beleza de uma paisagem ambiental. Os efeitos da poluição visual incluiriam degradação ou agressão visual afetando aspectos mais de ordem psicológica do que material, e relativos a uma situação de bem-estar local. Nos centros urbanos, a colocação de placas irregulares representa, no entanto, um fato concreto, objeto de legislação e fiscalização, sendo freqüentemente associado à poluição visual. Para se ter uma idéia da dimensão desse problema, na cidade de São Paulo há cerca de 10 milhões de anúncios espalhados pelas ruas da metrópole, dos quais, estima-se, somente 100.000 sejam cadastrados e 55.000 licenciados. Para melhores informações sobre esse tema, veja o site <http://sajep.org.br/avbrasil.htm>.

Poluição química

Com relação à poluição química, achamos oportuno fornecer a você uma discussão importante relacionada ao nosso modo de produção tecnológica e o uso dessa produção, já que grande parte dos processos de poluição está estreitamente ligada a esse assunto.

OBSCOLESCÊNCIA

Processo de tornar-se obsoleto, cair em desuso, arcaico.

No início do século XIX, um cientista chamado Charles Fourier (*In*: Labeyrie, 1998) já denunciava a **OBSCOLESCÊNCIA** artificial percebida nos processos de fabricação. Ele escreveu: “Produzem-se móveis ruins e péssimos tecidos para vender-se o máximo possível.” Nada mais atual. As mercadorias são transformadas em cada vez mais novos modelos, com a mesma utilidade, para responder à modificação do gosto dos consumidores. Essas modificações não incluem, obviamente, a possibilidade de consertos por meio de peças de substituição cuja produção, em muitos casos, já foi suprimida. **Junte o desperdício provocado pela obsolescência artificial à ausência de reciclagem e teremos um cenário propício ao despejo no ambiente de toda espécie de produtos.** Encontramos essas considerações no livro *A relação dos saberes. O desafio do século XXI*, organizado pelo cientista Edgar Morin, em 1998.

De acordo com as discussões desse livro, nosso modo de produção não privilegia um **circuito completo de circulação da matéria**, porque a cadeia de produção se limita aos elos extremos, ou seja, à extração da matéria-prima e à venda da mercadoria, erroneamente considerada como **consumida**. Aqui reside um ponto importante, porque necessitamos também de um termo mais explícito para **consumo**.

Os autores das discussões do livro anteriormente citado concordam que seria mais correto falar em **consumo** quando houvesse **destruição** de um produto ou material. O pão, por exemplo, não é mais pão depois que o comemos. O carvão, quando queimado, também não é mais carvão, transforma-se em gás carbônico e água, o que também é válido para os produtos do petróleo nos motores, ou os materiais radioativos nos reatores. Mas a água permanece água após sua utilização. Ela é **reciclada**. Nós **não produzimos água**, nós **exploramos água**. Os metais também. O ferro, o chumbo, o mercúrio serão sempre ferro, chumbo e mercúrio depois de utilizados.

Então, a reciclagem desses materiais é importante, não só para manter uma quantidade disponível à reutilização como para evitar sua dispersão, contaminando o solo e os lençóis freáticos. Aqui já podemos aprender uma importante lição: **não-reciclagem= poluição**, enquanto reciclagem pode significar dejetos transformados em riquezas!

Dessa forma, você verifica que o termo **consumidores** aplicado à nossa sociedade dita *de consumo* é bastante relativo, uma vez que na verdade não **consumimos** (ou transformamos) todos os produtos que a moderna tecnologia nos disponibiliza. Produzimos mesmo é muito lixo, quando não pensamos seriamente em reciclagem daquilo que **utilizamos**!

Lixo e poluição do solo

Você já sabe que os solos têm uma constituição dinâmica, fazendo parte de ciclos ecológicos ou biogeoquímicos. Sabe também que, ao contrário do que sucede com a exploração dos recursos minerais do subsolo, que muitas vezes é **UNIDIRECIONAL**, a utilização da água e de outros nutrientes orgânicos e inorgânicos é cíclica, pelo menos em ambientes naturais. Reforçamos aqui que o grande problema humano nesse contexto é a sua despreocupação com a reciclagem, principalmente no que diz respeito aos nutrientes vegetais e aos produtos usados para melhoramento do solo.

A maior parte do material vegetal retirado das florestas e dos campos agrícolas não retorna ao solo, sendo queimada ou acondicionada em outros locais. Desse modo, palhas, papel, madeira empregada em obras e restos de alimento não são decompostos em seus locais de origem, gerando o entulhamento e a poluição das cidades por resíduos sólidos. Falamos há pouco dos produtos para melhoramento da fertilidade do solo. Como esses produtos não são perfeitos substitutos dos nutrientes naturais, há necessidade de aplicá-los em grandes quantidades, gerando sérias modificações nas características dos solos, ecossistemas aquáticos e nas próprias plantas cultivadas.

No solo, qualquer **substância** que **intensifique a produtividade** pode ser considerada **fertilizante**. Quando aplicamos essas substâncias em terras cultivadas, aumentamos a colheita, mas parte dessas substâncias vai seguir um caminho indesejável, através da água do solo.

UNIDIRECIONAL

Em uma só direção, no sentido de que a velocidade de reposição é muito menor do que a velocidade de retirada desses recursos.

Vai para os rios, lagos e, eventualmente, para os mares, estabelecendo uma longa cadeia de contaminação. Os fertilizantes são sintetizados a partir da utilização de nitrogênio e fósforo, retirados da atmosfera e das rochas. Para termos uma idéia geral, no final da década de 80, a indústria de fertilizantes transformava, em média, aproximadamente 30 milhões de toneladas por ano de nitrogênio do ar em compostos nitrogenados para uso agrícola. O interessante é que apenas uma parcela desses compostos é desnitrificada pelos processos naturais, havendo um excesso anual de cerca de 9 milhões de toneladas de nitrogênio que passam da atmosfera para o solo e a água, com conseqüências desastrosas (Branco e Rocha, 1987).

Os chamados **defensivos agrícolas** ou agrotóxicos são empregados no controle de organismos animais ou vegetais que, em determinadas circunstâncias, são caracterizados como **pragas** nos sistemas agrícolas. Expliquemos melhor o que devemos entender por pragas. Você sabe que as interações biológicas nos ecossistemas estão em *equilíbrio dinâmico*, de tal forma que cada um de seus elementos se torna indispensável ao sistema, a não ser que seja substituído por outro que desempenhe a mesma *função ecológica*. Animais predadores, por exemplo, são altamente importantes no controle populacional dos animais que lhes servem de alimento. Essa é a sua *função ecológica*. Alguns insetos funcionam como controladores de outros insetos que são nocivos às plantações. Veja que aqui também devemos atribuir um certo relativismo à noção de pragas. Nós consideramos praga, por exemplo, o inseto ou o fungo quando se alimentam de plantas que nos são úteis. Mas não são considerados pragas quando se alimentam de plantas consideradas ervas daninhas em área cultivada.

A agricultura é praticada normalmente a partir do isolamento de determinada espécie vegetal que utilizamos na alimentação. Então, sem aquele equilíbrio dinâmico do ambiente natural, representado pelas atividades de produção, consumo, parasitismo e predação, a planta de interesse fica desprotegida e pode ser duramente atacada por lagartas e outros organismos. Aí entram os defensivos agrícolas, praguicidas ou agrotóxicos.

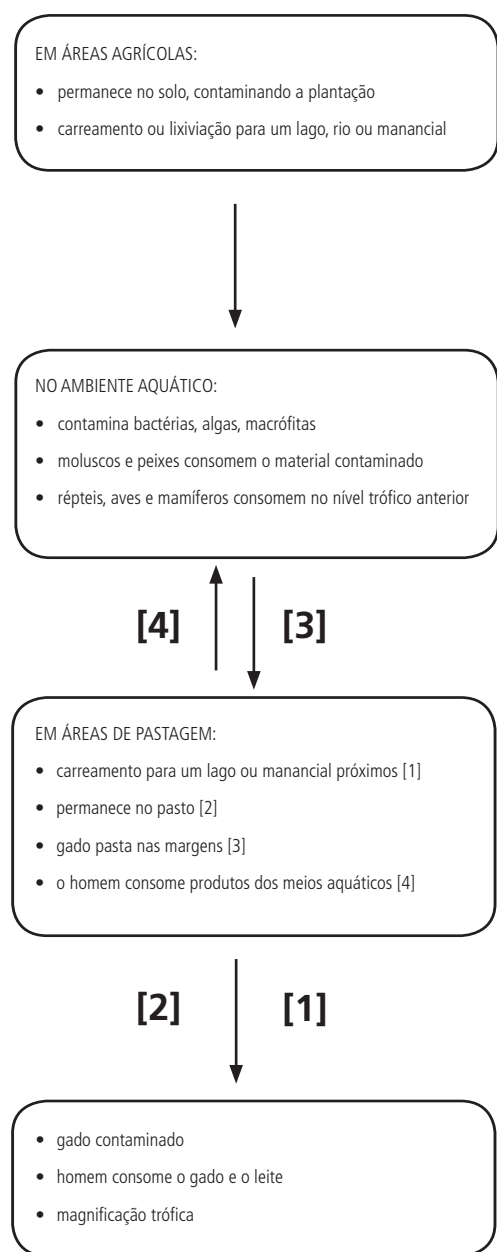
Quadro 17.1: Resumo sobre a natureza química dos praguicidas.

A natureza química dos praguicidas	
Inorgânicos	Orgânicos
<ul style="list-style-type: none"> • Elementos químicos: Boro, Bário, Antimônio, Tálio, Chumbo, Cádmio, Mercúrio e óleos minerais • Persistência no ambiente: estáveis quimicamente • Nível de toxidez: altamente tóxicos, acumulando-se nos organismos. Não possuem antídotos 	<ul style="list-style-type: none"> • Naturais: macerados de flores de crisântemo, denominados piretros • Sintéticos: organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretróides, cloronitrofenol etc. • Persistência no ambiente: de trinta anos a um mês • Nível de toxidez: a maior parte é biodegradável

Os praguicidas podem ser divididos quimicamente em **inorgânicos** e **orgânicos**. Os primeiros são utilizados desde 1867, sendo preparados à base de Boro, Bário, Antimônio, Tálio, Chumbo, Cádmio, Mercúrio e óleos minerais. São estáveis quimicamente, ou seja, não se degradam com facilidade. Por essas características, são altamente tóxicos, acumulando-se nos organismos. Além disso, não possuem antídotos, de forma que atualmente são pouco utilizados, porque apareceram os praguicidas orgânicos. No **Quadro 17.1**, você tem uma visão resumida da natureza química desses produtos.

Os defensivos **orgânicos** são assim denominados por causa da presença do átomo de carbono em sua fórmula. Podem ser **divididos em naturais**, geralmente derivados de macerados das flores do crisântemo, denominados piretros, e **sintéticos**, que são os organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretróides, cloronitrofenol etc.

Os organoclorados foram os pioneiros na classe dos sintéticos. Foram bastante utilizados na Segunda Guerra contra malária, tifo e outras enfermidades transmitidas por insetos. No Brasil, é proibido o seu uso na agricultura, mas autorizado para órgãos públicos em campanhas de saúde. Permanecem até 30 anos no solo, acumulando-se nas cadeias alimentares.



Quadro 17.2: Caminhos dos praguicidas nos ecossistemas terrestres e aquáticos.

Os organofosforados foram os primeiros a substituírem os organoclorados, aos quais os insetos já apresentavam resistência. A vantagem é que são biodegradáveis, persistindo no ambiente entre 1 e 3 meses.

Os piretróides possuem a estrutura semelhante à dos piretros derivados das flores do crisântemo. Foram introduzidos no mercado por volta de 1976. O inseticida doméstico, é uma mistura de piretros e piretróides. Eles substituíram rapidamente os organofosforados, pois são velozmente biodegradados por microorganismos do solo, não se acumulando como resíduos detectáveis.

Agora vamos falar brevemente do modo de atuação dos praguicidas. Um agente químico desse tipo, empregado em plantação ou pastagem, pode permanecer nesses locais ou seguir diferentes caminhos. Pode, por exemplo, ser carregado pela chuva até um lago ou manancial e lá ser absorvido por bactérias, algas e outras plantas que servirão de alimento para crustáceos e moluscos que, por sua vez, podem ser consumidos por diferentes grupos como peixes e répteis, até que esses últimos sejam consumidos por aves e mamíferos, incluindo o homem. No **Quadro 17.2**, você tem uma visão geral desses caminhos.

Com relação às áreas de pastagem, e no caso de o praguicida permanecer nesse estoque ambiental, o gado também ingere o praguicida,

acumulando o composto. O homem, ao consumir a carne e o leite do gado, também o ingerirá em diferentes quantidades. Essa transferência do agrotóxico através dos diferentes elos da cadeia alimentar recebe o nome de **magnificação trófica**. Pense que a gravidade desse problema é que alguns organismos participam de várias cadeias alimentares no ambiente, de modo que é possível formar-se uma complexa rede de magnificação do praguicida.

Além do problema de acumulação ao longo dos elos das cadeias alimentares nos ecossistemas naturais, os agrotóxicos podem atuar através do nosso consumo direto dos vegetais comercializados nas grandes cidades. A **Figura 17.1**, retirada de uma reportagem da *Folha de S. Paulo* do dia 21/4/2003, na qual a jornalista Cláudia Collucci cita pesquisa da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), informa que cerca de 22% dos alimentos consumidos nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Pernambuco estão contaminados com resíduos de agrotóxicos.

ALIMENTOS CONTAMINADOS NO BRASIL

Contaminação por agrotóxicos
Índice de comprometimento, em %



Figura 17.1: Índice de comprometimento por agrotóxicos em alguns alimentos nos estados de MG, SP, PR e PE. Fonte: *Folha de S. Paulo* de 21/4/03.

O problema da poluição por mercúrio

O mercúrio é um metal no estado líquido e está no conjunto dos metais pesados, como o zinco e o cádmio, sendo um elemento bastante utilizado no processamento de petróleo, na fabricação de termômetros e barômetros, aparelhos elétricos, tintas, agrotóxicos, papel e papelão. Mas a grande importância do mercúrio está relacionada com a extração de ouro, pois nesse processo pode poluir o ar, a água dos rios e os sedimentos de fundos desses rios. É um dos principais elementos que sofrem **BIOMAGNIFICAÇÃO** nas cadeias tróficas. Por esse motivo, estamos falando dele em separado.

A extração do ouro começa pela seleção de sedimentos dos rios por peneiramento. Depois, uma concentração de sedimento recebe mercúrio que forma, com o ouro misturado no sedimento, uma **AMÁLGAMA**. Para separar o ouro do mercúrio, emprega-se fogo, o que faz com que grande parte desse mercúrio se dissipe no ar, sob forma de vapor. O excesso é jogado diretamente nos rios, e aí continuam e se agravam os problemas.

BIOMAGNIFICAÇÃO

É o aumento na concentração de um contaminante a cada nível da cadeia alimentar.

AMÁLGAMA

Liga forte utilizada para extração de ouro e prata das minas, pela ação do mercúrio.

Vamos verificar por que os problemas de poluição por mercúrio são agravados quando ele contamina a água dos rios. Antes, você precisa saber que o mercúrio possui características químicas que **maximizam** a contaminação. E as áreas de garimpo representam importantes fontes de contaminação. Para você ter uma idéia, concentrações de mercúrio no cabelo humano, local onde ele se acumula, variam de 0,7 a 6,4 microgramas por grama de cabelo na cidade do Rio de Janeiro, enquanto nas regiões de garimpo essas concentrações variam de 1,0 a 26,7 microgramas por grama de cabelo! E o que acontece para ele ser tão perigoso nas águas dos rios? Exceto o fato de que ocorre acumulação ao longo das cadeias tróficas (biomagnificação), o mercúrio tem a velocidade de incorporação nos organismos aumentada quando está sob a forma de metil-mercúrio (HgCH^{3+}), que é extremamente tóxica porque tem alta solubilidade em gorduras. E qual a importância dessa alta solubilidade em gorduras? É que a membrana celular dos organismos é **fosfoglicolipoprotéica**. Logo, elas são constituídas de grupamentos fosfato (fosfo), glicídios (glico), **gorduras (lipo)** e proteínas (protéica). Desse modo, quanto mais solúvel em gorduras for uma substância, mais rapidamente ela é incorporada às células através das membranas.

Em organismos de níveis tróficos superiores, como pássaros e peixes carnívoros, entre 90% e 95% do mercúrio são incorporados sob a forma metilada. A solubilidade do metil-mercúrio é cerca de cem vezes maior que a do mercúrio metálico. E será que é fácil a metilação do mercúrio? É relativamente fácil e ocorre por diferentes caminhos. Ele pode ser metilado fora dos organismos se nos sedimentos de fundo dos rios houver grande quantidade de matéria orgânica decomposta, pois é esse material que cede o radical metil para o mercúrio. Mas também pode ser metilado já no interior dos organismos, através de reações enzimáticas.

Até agora nós procuramos definir melhor o que é poluição. Verificamos alguns tipos de poluição física e química, principalmente no solo, nas águas fluviais e nos sedimentos dos rios. Antes de estudarmos a poluição biológica, gostaríamos de fornecer a você uma visão geral de poluição em alguns componentes ambientais, como o ar e a água dos mares.

Poluição atmosférica

As fontes de emissão dos poluentes atmosféricos podem ser muitas e as mais variadas possíveis. No entanto, a emissão de gases tóxicos pelos veículos automotores é responsável por cerca de 40% da poluição do ar.

Os poluentes do ar podem ser classificados, segundo sua origem, em **poluentes primários** (os gases que provêm do tubo de escape de um automóvel, como monóxido de carbono (CO), que são aqueles emitidos diretamente pelas fontes, e **poluentes secundários** (o ozono troposférico O₃, o qual resulta de reações fotoquímicas, isto é realizadas na presença de luz solar, que se estabelecem entre os óxidos de azoto, o monóxido de carbono ou os Compostos Orgânicos Voláteis (COV), que são formados na interação química entre os poluentes primários e os constituintes normais do ar, de acordo com Branco e Rocha (1987).

Um importante meio de difusão da poluição atmosférica é a absorção de substâncias tóxicas pelas mucosas das vias respiratórias. É na atmosfera que lançamos grande parte dos nossos resíduos urbanos, representados pelo que conhecemos como materiais particulados. De que são compostos esses materiais? Primeiramente, devemos esclarecer que, de forma geral, todos os materiais sólidos ou líquidos – exceto a água pura – cujo tamanho se insere numa faixa de 0,002µ a 500µ de diâmetro são considerados materiais particulados. Eles podem ser compostos basicamente de aerossóis, cinza, fumaça, nevoeiro, poeira. Não se faz necessário aqui definirmos cada uma dessas formas de materiais particulados, ressaltando que a emissão de aerossóis em muitos casos impede a penetração da luz solar para os processos básicos de vida na Terra.

Adicionalmente, devemos registrar que a emissão de materiais particulados na atmosfera podem ser originadas de diferentes fontes como, por exemplo, a poeira proveniente de freios e embreagem dos veículos ou o pó das indústrias de cimento, que podem **reduzir a capacidade fotossintética** dos vegetais, quando depositados. As emissões industriais de gases e vapores de compostos de enxofre, nitrogênio, carbono e metais pesados também contribuem significativamente para o aumento da poluição atmosférica, com sérias consequências na saúde humana e nos processos biológicos dos ecossistemas.

A questão da camada de ozônio

O ozônio é um gás que se forma naturalmente, pela ação dos raios ultravioleta sobre o oxigênio atmosférico, a grandes altitudes (cerca de 35 km). Essa camada de ozônio tem uma função protetora para a Terra porque absorve a maior partes dos raios ultravioleta provenientes do Sol. Mas quando são formados gases de ação oxidante (ozônio e óxidos de nitrogênio) na parte atmosférica muito próxima de nossos ecossistemas, aí eles atuam de maneira muito nociva, sendo responsáveis por intoxicação, edemas pulmonares, diminuição da capacidade fotossintética e respiratória. As principais fontes de gases oxidantes são as emissões industriais e os motores de combustão.

A questão do efeito estufa

O gás carbônico (CO_2) é originado principalmente de queimas que se realizam em atividades naturais como a atividade vulcânica, onde são queimadas grandes quantidades de carbonatos. Além disso, podemos obter gás carbônico nos processos de combustão como, por exemplo, a queima de combustíveis fósseis (petróleo). Não esqueça que os processos de respiração animal e vegetal também representam fontes de CO_2 porque são processos de combustão ou queima. E como se processa, então, o tão conhecido efeito estufa? O acúmulo de CO_2 na atmosfera em todo o mundo reduz a perda de calor da Terra para o seu meio ambiente próximo, daí a analogia com uma estufa, ou seja, a temperatura tende a aumentar em todos os sistemas que se localizam abaixo dessa camada.

Devido à importância das emissões crescentes de gás carbônico para a atmosfera, ocorrem grandes discussões científicas e de conscientização popular sobre os efeitos dos desmatamentos e da utilização do fogo nas práticas agrícolas em todo o mundo, além das queimadas deliberadas de grandes áreas florestais para ocupação humana. É o caso no qual se insere a Floresta Amazônica brasileira.

A Amazônia é uma macrorregião que ocupa um espaço transnacional, embora sua maior parte seja brasileira. Nos últimos anos, essa região tem sido objeto de ocupação, incluindo atividades de exploração socioeconômica, extrativistas, mineradoras, de comunicação e transportes, com intenso fluxo migratório, hidrelétricas, programas de natureza governamental (incluindo militares) e não-governamental. É um gigantesco processo, com múltiplas e diferentes formas de ocupação essencialmente desordenada e fragmentada (Héctor Leis e colaboradores, 1991).

Do **ponto de vista ecossistêmico**, a Amazônia representa a maior floresta tropical do mundo, tida como a maior biodiversidade do planeta. Além de diversos tipos de florestas, a Amazônia tem associadas a ela importantes áreas de manguezais e uma região de campos, situada na Ilha de Marajó (PA). Apesar de representar uma grande riqueza ecossistêmica, a Amazônia não é o “**pulmão do mundo**”. Esse foi um mito baseado numa interpretação sensacionalista de uma observação do cientista alemão Harald Sioli.

Existe, sem dúvida, uma grande quantidade de oxigênio resultante dos processos fotossintéticos. Mas o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) prefere considerar a **Amazônia um grande filtro mundial**, uma vez que absorve uma grande quantidade de CO_2 , o principal causador do efeito estufa, em seus processos de fotossíntese. Aí, se este filtro for retirado pelo desmatamento e processos de ocupação desordenados, a quantidade de CO_2 aumentará muito na atmosfera. O que o cientista quis dizer é que a **Floresta Amazônica é um reservatório de carbono e não de oxigênio**. O INPE, em cálculos recentes, estima que se houvesse um desmatamento completo da Amazônia seriam lançadas cerca de 50 bilhões de toneladas de CO_2 na atmosfera, uma verdadeira catástrofe (Héctor Leis e colaboradores, 1991).

A POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

O lançamento de dejetos humanos nos rios, lagos e mares é a forma mais comum de poluição das águas. Isso leva ao aumento da quantidade de nutrientes disponíveis nesses ambientes, fenômeno conhecido como **eutrofização** (informe-se mais no seu Caderno dos Grandes Temas). É esse fenômeno que conduz à proliferação de microorganismos aeróbicos que esgotam rapidamente todo o oxigênio dissolvido na água, processo que mata todas as formas de organismos, inclusive os próprios microorganismos. Por causa da eutrofização, todos os rios que banham as grandes cidades e que recebem esgotos humanos tiveram sua flora e fauna totalmente destruídas, sem contar que através da utilização dessas águas para consumo também se propagam doenças causadas por vermes, bactérias e vírus.

Em alguns casos, a eutrofização dos mares pode levar a uma grande proliferação de algas microscópicas, denominadas dinoflagelados, provocando um fenômeno conhecido como **maré vermelha** porque os dinoflagelados provocam a morte de peixes e de outros organismos marinhos através da competição por oxigênio, além de liberarem substâncias tóxicas na água.

Cabe ressaltar, ainda, que basicamente todos os poluentes que contaminam os solos, sejam de origem inorgânica, sejam de origem orgânica, também poluem os corpos aquáticos vizinhos a esses solos.

POLUIÇÃO BIOLÓGICA

Sobre esse tipo de poluição, nós teremos melhores informações na nossa Aula 23, quando trataremos dos organismos geneticamente melhorados e sua influência no meio ambiente.

RESUMO

Nesta aula, nós tratamos basicamente de fornecer a você subsídios que o ajudem a definir mais precisamente o fenômeno da poluição. Para isso, utilizamos algumas definições clássicas, separamos alguns tipos básicos de poluição e os exemplificamos.

AUTO-AVALIAÇÃO

Se, ao final desta aula, você foi capaz de:

- compreender as dificuldades teóricas da conceituação de poluição;
- avaliar os limites práticos das definições de poluição;
- identificar os principais tipos de poluição, sua ocorrência nos diversos compartimentos ambientais e relacioná-los à interdependência entre os ecossistemas...

Parabéns! Você está preparado para a próxima aula. Resolva os exercícios propostos e não acumule dúvidas, procure discuti-las nas sessões de tutoria.

INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na aula seguinte, ainda trataremos de poluição, e você vai conhecer um estudo de caso muito interessante, relacionado à poluição de um corpo de água urbano na cidade de Macaé, Rio de Janeiro.

EXERCÍCIOS

1. Justifique, em poucas palavras, a dificuldade de se definir poluição muito precisamente.
2. Quais os principais tipos de poluição?
3. Dê um exemplo, com apoio no que você aprendeu sobre poluição, da interdependência entre os componentes ecossistêmicos.
4. Qual a importância da poluição sonora em nossas cidades?
5. Em qual classe de poluição física você colocaria a utilização de cartazes nas propagandas eleitorais brasileiras? Justifique.
6. Na chamada “sociedade de consumo”, onde você encontraria o grande conflito quando a comparamos com ecossistemas naturais?
7. Como você pode relacionar a poluição de rios e mananciais próximos a solos cultivados?
8. Como você definiria um fertilizante?
9. Por que é necessário adicionar praguicidas às plantações utilizadas para fins comerciais?
10. A forma metálica do mercúrio é mais tóxica do que a do metil-mercúrio? Justifique.
11. Por que o metil-mercúrio é absorvido muito mais rapidamente pelas membranas celulares?
12. O que você entende por biomagnificação trófica? Como ela ocorre?
13. Quais são as principais fontes de poluição atmosférica?
14. Como você explicaria o aumento do efeito estufa no planeta?
15. Como você relaciona as emissões de CO₂ com o funcionamento ecossistêmico da Floresta Amazônica?
16. O que você entende por eutrofização?
17. Como e por que ocorre o fenômeno da maré vermelha?

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Perceber a aplicabilidade prática do acervo conceitual referente aos fenômenos de poluição e eutrofização.
- Ressaltar os laços de interdependência entre os componentes dos sistemas vivos.

INTRODUÇÃO

Na aula anterior, você entrou em contato com as generalidades conceituais relativas ao fenômeno da poluição. Aqui, nós pretendemos fornecer a você uma abordagem prática desse assunto, apresentando e discutindo estudos bastante abrangentes da poluição em um corpo aquático submetido à interferência antrópica urbana. Trata-se da Lagoa de Imboassica, na região norte fluminense, município de Macaé, Rio de Janeiro.

Esses estudos resultaram de trabalhos realizados por pesquisadores e alunos de pós-graduação do Departamento de Ecologia da UFRJ no contexto do projeto “Ecolagoas”, desenvolvido no Núcleo de Pesquisas Ecológicas de Macaé (Nupem), sob a coordenação do Dr. Francisco de Assis Esteves.

Rios, lagoas e brejos representam ecossistemas com estrutura e dinâmica próprias e que respondem de diversas maneiras à interferência humana. O aumento dessas interferências inclui aterros nas margens, assoreamento de leitos e bacias, assim como lançamento de efluentes domésticos.

Corpos aquáticos associados às cidades, portanto, apresentam problemas ambientais relacionados aos processos de urbanização e de industrialização. Para você ter uma idéia da precariedade dos sistemas urbanos nos países ditos “em desenvolvimento”, Guimarães (1999) assinala que 40% das residências de São Paulo não se encontram conectadas à rede de abastecimento de água e que 65% não se beneficiam dos serviços de esgoto. Além disso, apenas 4% das águas de despejo recebem algum tratamento. O resto é descarregado diretamente para os ambientes aquáticos vizinhos.

São as conseqüências desses problemas que iremos apresentar a você, sob a forma da quantificação de alguns fatores biológicos e químicos, além de propostas para a utilização racional do sistema lagoa de Imboassica.

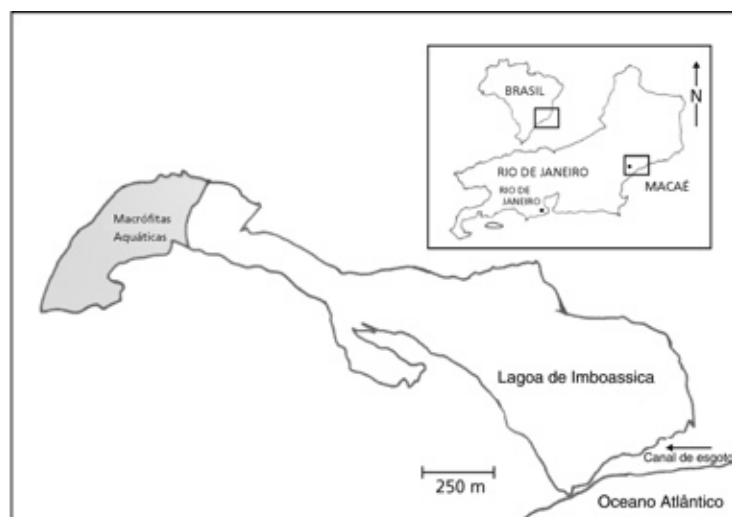


Figura 18.1: Localização da Lagoa de Imboassica, no município de Macaé. Adaptação de Petrucio & Furtado (1998).

INTERFERÊNCIAS ANTRÓPICAS NA LAGOA DE IMBOASSICA

Desde a década de 80, os pesquisadores da UFRJ, assim como outros cientistas a eles associados, trabalham no ecossistema da Lagoa de Imboassica. Na **Figura 18.1**, você encontra uma visão geral da localização desse ecossistema. Os pesquisadores relatam que, no passado, o município de Macaé dispunha de várias lagoas costeiras, representando uma importante fonte de pescado (Esteves, 1998). Atualmente, o município conta apenas com a Lagoa de Imboassica, devido à emancipação de antigos distritos de Macaé. As interferências humanas fizeram com que a única produção importante dessa lagoa esteja restrita à pesca de siris e do camarão-rosa, em algumas épocas do ano, principalmente durante as aberturas artificiais da barra que a liga ao mar. Além da importância desse ecossistema na utilização para esportes náuticos, banho e pesca artesanal, ele recebe cerca de 3.456m^3 por dia de efluentes, o que pode vir a inviabilizar o seu uso.

De acordo com Esteves (1998), ocorrem **diversas categorias de interferências antrópicas** que alteram as características naturais do sistema Lagoa de Imboassica.

A **primeira** delas se intensificou na década de 70 e foi de grande magnitude, quando o ecossistema recebeu **enorme quantidade de aterro** na margem norte, resultando no desaparecimento de cerca de 20% do seu espelho-d'água.

A **segunda** relaciona-se com distúrbios ecológicos de assoreamento da bacia de drenagem para o interior da lagoa. Trata-se de uma **interferência em duas fases**. Uma dessas fases está estreitamente ligada ao aumento do **desmatamento e/ou revolvimento de terras** na bacia de drenagem, carreando argilas expostas às chuvas torrenciais de verão. A **outra fase** está relacionada com as **aberturas artificiais da barra** de comunicação com o mar, o que aumenta a velocidade das águas do rio Imboassica e, conseqüentemente, a velocidade do transporte de material particulado para o interior da lagoa.

Com relação à abertura artificial da barra, o autor ressalta o caráter eminentemente cultural da comunidade pesqueira no passado, principalmente na região de Maricá (RJ).

Havia uma forma *intuitiva* de manejo do ecossistema, com resultados favoráveis, uma vez que a abertura era promovida com a finalidade de promover a entrada de larvas de peixes e camarões, normalmente em períodos de marés altas e muita disponibilidade dessas larvas no mar. Esse processo transformava a lagoa em grande criadouro de pescado. Atualmente, esse processo é feito sem planejamento, associando muito mais distúrbios de ordem social, econômica e política do que benefícios reais.

Uma *terceira* categoria de interferência é a **queimada de macrófitas aquáticas**, principalmente da *Typha domingensis*, conhecida como taboa. Isso porque nos períodos de abertura da barra ocorre intensa mortandade da vegetação, de modo que a queimada se justifica pela eliminação de mosquitos. No entanto, Esteves (1998) lembra que, além de não ser muito eficiente em seus objetivos, a queimada dizima também muitas espécies de invertebrados aquáticos, importantes na cadeia alimentar do sistema.

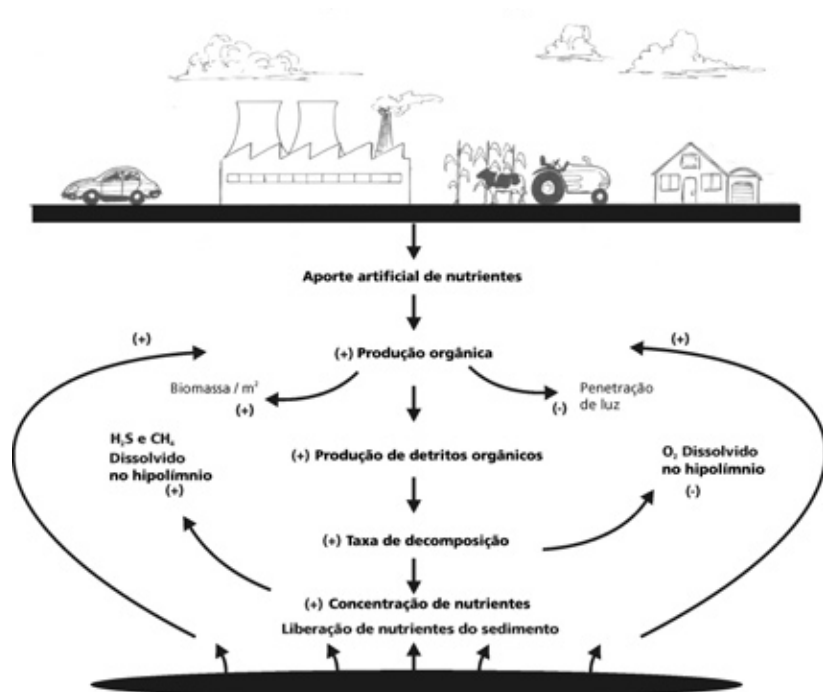


Figura 18.2: Principais fontes de nutrientes e consequência do processo de eutrofização artificial na Lagoa de Imboassica.

A **quarta** categoria de interferência antrópica é o lançamento de **efluentes domésticos** diretamente na lagoa, desencadeando um processo de eutrofização artificial. Como dentre os nutrientes carreados para o interior desse sistema aparecem compostos de fósforo e de nitrogênio, temos a possibilidade de aumento da biomassa vegetal (crescimento rápido dos organismos), com grande concentração de algas microscópicas. Esteves (1998) lembra que o processo de eutrofização artificial, promovido pelo despejo dos efluentes sem tratamento, tem como característica principal o fato de que apenas parte da biomassa é consumida através da cadeia alimentar de herbivoria. A maior parte morre, acumulando-se no fundo. Lembre-se de que essas microalgas são aeróbicas, consomem muito oxigênio e, devido ao grande volume desses organismos, ocorre um déficit de oxigênio, matando outros organismos e inclusive as próprias microalgas. Na **Figura 18.2**, você observa a diminuição do oxigênio na água, na região denominada **HIPOLÍMNIO**. Além disso, você observa a produção de gases como o metano (CH_4) e o gás sulfídrico (H_2S), resultantes dos processos de decomposição da biomassa morta.

Você já está familiarizado com o conceito de eutrofização. Já sabe também que nutrientes como fósforo e nitrogênio são importantes nesse fenômeno. Desse modo, podemos agora apresentar a você o próximo trabalho do grupo de pesquisadores que estudam a Lagoa de Imboassica, nessa abordagem prática dos fenômenos de poluição.

HIPOLÍMNIO

Do grego *limne*, usado como elemento de composição para designar águas mais ou menos paradas, como em lagos, lagoas e pântanos. Lembre-se de Limnologia.

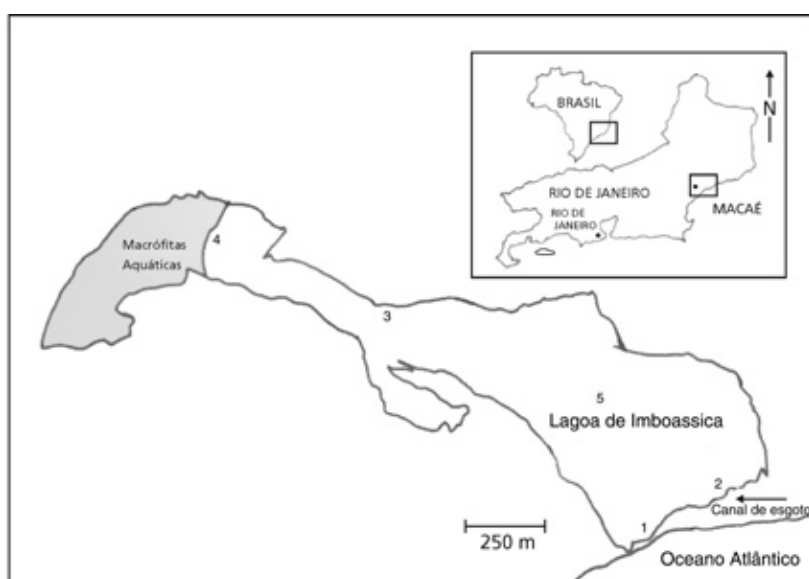


Figura 18.3: Localização dos pontos de coleta na Lagoa de Imboassica.

O trabalho que vamos discutir foi realizado pelos pesquisadores Petrucio e Furtado (1998) e se refere às concentrações de nitrogênio e fósforo na coluna d'água da Lagoa de Imboassica. Eles escolheram as cinco estações de coleta de água, que você observa na **Figura 18.3**, e realizaram as pesquisas no período de maio de 1993 a setembro de 1994. De modo geral, os resultados evidenciaram um sistema heterogêneo no que se refere aos fatores avaliados. Através de testes estatísticos adequados, os autores identificaram três regiões distintas. A primeira, composta pelas estações de coleta 1, 4 e 5 (**Figura 18.3**), apresentou semelhanças quanto à concentração média dos nutrientes analisados. As estações de coleta 2 e 3 formaram duas regiões distintas. O interessante é que os autores identificaram **as maiores concentrações dos nutrientes estudados justamente na estação 2**. Se você verificar na **Figura 18.3**, essa estação é a que está **mais próxima** do canal de esgoto. Os autores identificaram sinais de influência humana, principalmente na desembocadura desse canal, embora ressaltem a necessidade de mais estudos no local, além de comparações com estudos semelhantes nesse tipo de sistema, para que seja possível concluir se o lançamento contínuo de efluentes domésticos na Lagoa de Imboassica resulta mesmo em alteração do seu estado trófico.

PERIFÍTON

Comunidades de microalgas, normalmente cianofícias e clorofícias, que se desenvolvem sobre outras comunidades vegetais aquáticas, geralmente conhecidas como macrófitas aquáticas.

Nosso próximo trabalho no contexto da abordagem prática dos processos de eutrofização artificial, em sistemas aquáticos urbanos, refere-se à **taxa de fixação biológica** de nitrogênio na **comunidade perifítica** de *Typha domingensis* na Lagoa de Imboassica. Qual a importância de se medir o **PERIFÍTON** nesse tipo de ecossistema? É que o **lançamento de esgotos domésticos** sem tratamento **introduz** nos sistemas aquáticos urbanos uma grande quantidade de **formas nitrogenadas e fosfatadas**, como nitratos (NO_3^-) e íons amônio (NH_4^+) no primeiro caso e fosfatos no segundo. Você já sabe que o nitrogênio e o fósforo são os principais **fatores limitantes** nesses sistemas, de modo que o lançamento desses nutrientes provoca diferentes alterações no meio, principalmente nos processos de produção e decomposição, justificando o seu estudo.

Os autores do trabalho em questão (Prast & Fernandes, 1998) tiveram como finalidades avaliar a influência de efluentes domésticos sobre o processo de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) e verificar padrões de variação dessas taxas nos estágios sucessionais da comunidade perifítica associada a *Typha domingensis* na Lagoa de Imboassica. Para facilitar a compreensão desta nossa discussão, você pode recordar os ciclos do nitrogênio e do fósforo na Aula 11, na qual está disponível um texto complementar sobre nitrogênio artificial *versus* eutrofização.

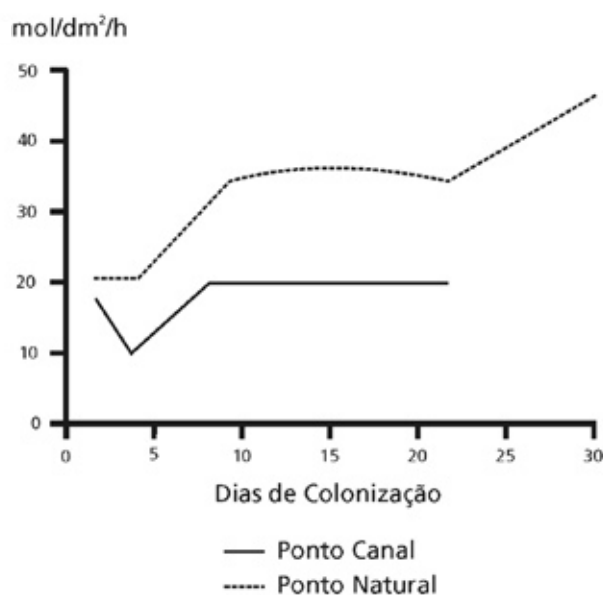


Figura 18.4:
Taxas de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) em vários estágios de colonização da comunidade perifítica associada a *T. domingensis* nos pontos Natural e Canal. Concentração de nitrogênio no eixo das ordenadas. Adaptado de Prast & Fernandes (1998).

Os autores estabeleceram dois pontos de coleta de material para a análise das taxas de fixação de nitrogênio. Um deles, denominado Ponto Canal, estava localizado na desembocadura do principal canal de efluentes domésticos, enquanto o outro, denominado Ponto Natural, se localizava a 200 metros do primeiro. Os resultados indicaram as maiores taxas de FBN no Ponto Natural (**Figura 18.4**) durante todo o período do experimento, o que levou os autores a concluir que esse processo foi influenciado pelos efluentes domésticos. E o que os levou a essa conclusão, entre outras inferências, foi o fato de que, no Ponto Canal foram verificadas altas concentrações de nitrato e de íons amônio que, de acordo com estudos anteriores consultados pelos autores, podem inibir a fixação biológica de nitrogênio.

Até aqui você certamente verificou que existem critérios muito rigorosos para a realização de trabalhos científicos. Um trabalho desse tipo exige, inicialmente, uma extensa consulta a outras pesquisas realizadas em sistemas ecológicos semelhantes, quantificações de fatores que estejam, preferencialmente, na mesma escala de medidas e um detalhado trabalho de campo. Além disso, são necessários testes estatísticos adequados para que se possa inferir alguma conclusão. Desse modo, as pesquisas exigem, além de pessoal qualificado, um conjunto de equipamentos e disponibilidade de testes que facilitem a interpretação dos dados recolhidos.

O próximo trabalho nessa abordagem prática em torno da Lagoa de Imboassica está principalmente relacionado com o crescimento e a reprodução de *Typha domingensis* nesse ecossistema aquático. Entre os diferentes objetivos, o autor Palma-Silva (1998) comparou a velocidade de crescimento dessa macrófita aquática em uma região da lagoa que recebe efluentes domésticos com o crescimento em região natural. O trabalho em questão foi realizado no período entre duas aberturas consecutivas da barra que separa a lagoa do mar. As taxas de crescimento foram medidas em plantas marcadas nas áreas selecionadas para estudo.

Você deve estar se perguntando porque tanta ênfase em *Typha domingensis* nos trabalhos que tentam compreender e propor soluções para a eutrofização. Vamos explicar. Esse vegetal é uma macrófita aquática que forma rizomas, como a batata-inglesa, por exemplo. Essa macrófita ocorre em grandes concentrações, em muitos sistemas aquáticos brasileiros. Ela apresenta crescimento clonal (veja a Aula 23), cuja unidade de crescimento vegetativo é o **ramete**, que consiste em um rizoma submerso, em raízes associadas e em broto, podendo ou não desenvolver inflorescências. De acordo com Palma-Silva (1998), diversas pesquisas desenvolvidas na Lagoa de Imboassica têm demonstrado a importância das macrófitas aquáticas, principalmente de *T. domingensis* na estrutura e funcionamento desses sistemas. Ele ressalta que essa espécie atua como reservatório de nutrientes e energia (Furtado, 1994 *apud* Palma-Silva, 1998), além de desempenhar um papel depurador dos efluentes domésticos na Lagoa de Imboassica (Ferreira, 1995 *apud* Palma-Silva, 1998).

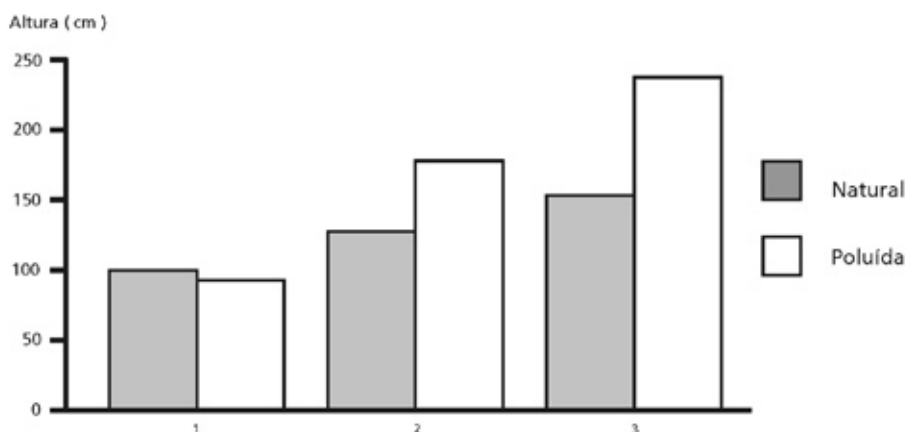


Figura 18.5: Altura de *Typha domingensis* em três avaliações em uma área natural e próximo à entrada de esgotos. Adaptação de Palma-Silva (1998).

Agora que você já compreendeu a importância das macrófitas nos ecossistemas aquáticos, podemos passar aos resultados do trabalho que estamos apresentando. Com relação ao objetivo de nosso especial interesse, o que se observa na **Figura 18.5**, após os testes estatísticos adequados, é que *T. domingensis* cresce sob maiores taxas em locais ricos em nutrientes. E você já sabe que pontos mais ricos em nutrientes na Imboassica estão localizados próximos à entrada de efluentes domésticos, de modo que o desenvolvimento dessa macrófita aquática é favorecido pela eutrofização artificial que está ocorrendo na lagoa.

Finalmente acreditamos que, através da análise desses trabalhos que apresentamos aqui, você verificou suficientemente a importância da realização de estudos em áreas que sofrem a influência das atividades humanas. Esses trabalhos demonstram o quanto os ecossistemas são fortemente interdependentes, sofrendo influências mútuas e de diferentes intensidades. Gostaríamos de encerrar esta nossa aula com algumas propostas de **MITIGAÇÃO** dos resultados de interferências humanas na lagoa de Imboassica, reunidas no trabalho de Esteves (1998).

A primeira dessas propostas é fazer passar os efluentes domésticos da Imboassica por canais densamente colonizados por macrófitas aquáticas, formando um sistema denominado Estação de Tratamento Efluentes Verde (ETE-Verde) o que, na prática, representa um complexo de reações biológicas, físicas e químicas atuando em conjunto para depurar os efluentes domésticos. Você já sabe por que essa proposta de mitigação tem como base as macrófitas aquáticas?

MITIGAÇÃO

Amenização de algum efeito desagradável.

Porque os efluentes domésticos disponibilizam muitos nutrientes, de modo que o que vai ocorrer na ETE-Verde é a reciclagem desses nutrientes, através de sua absorção e conseqüente transformação em biomassa vegetal.

A segunda proposta está relacionada com a interferência representada pela abertura artificial do canal de comunicação com o mar. Tendo verificado a relativa ineficiência do canal extravasor de águas da lagoa em períodos de fortes chuvas, Esteves (1998) propõe estudos incluindo técnicas de engenharia e hidráulica, visando a obter um modelo de vazão, capaz de escoar o volume de água nos períodos de alta pluviosidade. O autor ressalta que esses estudos devem ser acompanhados de pesquisas ecológicas, identificando o papel do canal extravasor no intercâmbio de espécies entre o mar e a lagoa.

Esperamos que você tenha aproveitado muito bem esta aula, porque ela representa um exemplo prático daquilo que vimos falando em aulas anteriores, que é ressaltar o fato de que todos os membros de uma comunidade ecológica estão interligados numa vasta e intrincada rede de relações. A interdependência é a natureza de todas as relações ecológicas.

RESUMO

Nesta aula, você estudou a abordagem prática dos principais conceitos sobre poluição. Desse modo, foi possível conhecer alguns resultados de pesquisas que objetivaram medir o grau de interdependência entre diferentes sistemas ecológicos e, principalmente, a extensão das interferências humanas sobre os ecossistemas dos quais dependemos e aos quais estamos indissoluvelmente ligados.

AUTO-AVALIAÇÃO

Se, após este nosso estudo, você se sente capaz de:

- compreender os processos de eutrofização aos quais estão submetidos corpos lagunares próximos das grandes concentrações humanas;
- avaliar a necessidade de estudos criteriosos que visem a detectar danos causados aos ecossistemas pelas atividades antrópicas;
- compreender que é necessária e possível a aplicabilidade prática dos estudos conceituais, com propostas de solução para os problemas detectados.

Muito bem! Você está preparado para a nossa próxima aula. Resolva os exercícios com atenção, discutindo com seus tutores e colegas.

EXERCÍCIOS

1. Qual a importância da Lagoa de Imboassica para os habitantes do município de Macaé (RJ)?
2. Quais as principais interferências humanas no ecossistema Lagoa de Imboassica?
3. O que você entende por eutrofização de um corpo aquático?
4. Qual o papel das microalgas nos processos de eutrofização?
5. Qual o papel do nitrogênio e do fósforo nos processos de eutrofização artificial da Lagoa de Imboassica?
6. Por que o acúmulo de nutrientes é prejudicial num corpo aquático?
7. Por que a maior concentração de nutrientes foi encontrada na estação 2 do trabalho de Petrucio e Furtado?
8. Por que as maiores taxas de fixação de nitrogênio foram observadas no Ponto Natural do trabalho de Prast e Fernandes?
9. Qual a importância de macrófitas aquáticas, como *Typha domingensis*, no funcionamento de uma lagoa como a Imboassica?
10. Quais as principais medidas mitigadoras dos impactos antrópicos propostas no trabalho de Esteves?

Desequilíbrios ecológicos 1 – desmatamento, erosão e enchentes

AULA 19

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Compreender os processos da erosão hídrica.
- Capacitar o aluno a identificar as marcas da erosão hídrica nas encostas.
- Compreender como a vegetação atua no sentido de reduzir o impacto da gota e o escoamento superficial, reduzindo a erosão.
- Perceber que os diferentes ecossistemas se interligam através da movimentação da água em seu ciclo, podendo ampliar no espaço os efeitos de uma degradação ambiental localizada.
- Distinguir erosão de movimento de massa.

INTRODUÇÃO

Quando utilizamos a palavra **ecossistema**, estamos expressando uma idéia de que uma dada área – um dado ambiente – é constituído de um conjunto de fatores bióticos e abióticos que se inter-relacionam. A idéia de **sistema ecológico** implica que o “funcionamento” deste conjunto, isto é, deste ecossistema, é resultado dessas inter-relações. Nesta aula, vamos ver como vegetação, solo e água constituem um sistema com uma dinâmica própria que tem alguma estabilidade. Vamos compreender, então, como a alteração em um dos componentes desencadeia alterações em outros, redirecionando a dinâmica do ambiente. Identificamos, então, casos que podem ser vistos como de desequilíbrio ambiental.

A VEGETAÇÃO FLORESTAL INFLUENCIA O SOLO E SUA INTERAÇÃO COM A ÁGUA

Podemos agora focalizar nossa atenção em um ecossistema específico, a floresta. Aí a vegetação (as árvores) e o solo têm uma ação recíproca intensa e esta interação interfere, por sua vez, no ciclo da água naquele ambiente. Talvez seja mais fácil aceitar que as condições do solo possam interferir nas características e crescimento das plantas. Mas como a vegetação pode interferir nas características do solo e conseqüentemente no ciclo da água?

O PAPEL DA VEGETAÇÃO

A vegetação favorece a infiltração da água no solo

Se você já teve a grata oportunidade de entrar em uma floresta, deve ter reparado como seu chão é coberto por folhas caídas e outros detritos que se depositam sobre o solo, constituindo a **SERRAPILHEIRA**. É esse material orgânico que vai alimentar a fauna e microorganismos do solo, produzindo-se o **húmus**. Este húmus, que ainda é considerado **matéria orgânica**, embora já bastante modificada pelos microrganismos vai ser importante para que as partículas do solo se reúnam em agregados, o que abrirá bastante espaço poroso. E daí? Por que estou falando dos **poros** do solo se quero me referir ao ciclo da água? É que desse espaço poroso depende a entrada e descida da água da chuva pelo interior do solo, num processo chamado **infiltração**, uma das etapas decisivas do destino seguinte da água.

SERRAPILHEIRA

Camada de detritos e matéria orgânica morta, principalmente de origem vegetal, acumulados na superfície do solo, especialmente em comunidades florestais.

A água que se infiltra no solo pode ser armazenada até sua utilização pelas plantas que, então, a devolvem à atmosfera através de sua transpiração. Mas boa parte da água da chuva que se infiltra no solo pode chegar até uma camada menos permeável, acumulando-se daí para cima, constituindo a **água subterrânea**, cujo nível superior chamamos de **lençol freático**. É importante que isso possa acontecer para que esta água subterrânea que, ao aflorar em um “olho-d’água” produz e alimenta os rios, possa continuar a fazê-lo de maneira regular, evitando seu ressecamento nos períodos em que a chuva é mais escassa.

Bem, voltando à influência da vegetação na infiltração da água da chuva: a presença da serrapilheira faz a água “estacionar” por um tempo, dando oportunidade para uma transmissão mais lenta para o solo. Além disso, as raízes das árvores da floresta, por se distribuírem em profundidade no interior do solo, “abrem caminho” para a água, favorecendo também sua infiltração.

A cobertura vegetal protege o solo

A vegetação influencia também o solo – e dessa forma o destino da água da chuva – pelo simples fato de lá estar, isto é, de estar posicionada entre as gotas de chuva e a superfície do solo. As gotas de chuva caem com alguma energia (energia cinética que vem de seu próprio movimento) e ao bater em alguma superfície transfere esta energia a ela (**Figura 19.1**). Nós, que em algum momento já pegamos desprevenidos uma chuarada de verão, sentimos “na pele” a força com que as gotas pesadas caem sobre nós. Havendo a cobertura protetora da vegetação, é ela que sofre este impacto, evitando os danos que o mesmo poderia realizar no solo. Quando este impacto se dá diretamente sobre um solo sem cobertura, as partículas do solo, os grãos de areia e argila, por exemplo, são desagregados (separados) e lançados no ar, deslocando-o de sua posição inicial. Ao caírem novamente, poderão bloquear poros da superfície. Esta camada superficial, ressecada, pode se tornar uma crosta. Assim, as condições físicas de suas camadas mais superficiais se degradam, o que contribui para reduzir a sua capacidade de infiltração.

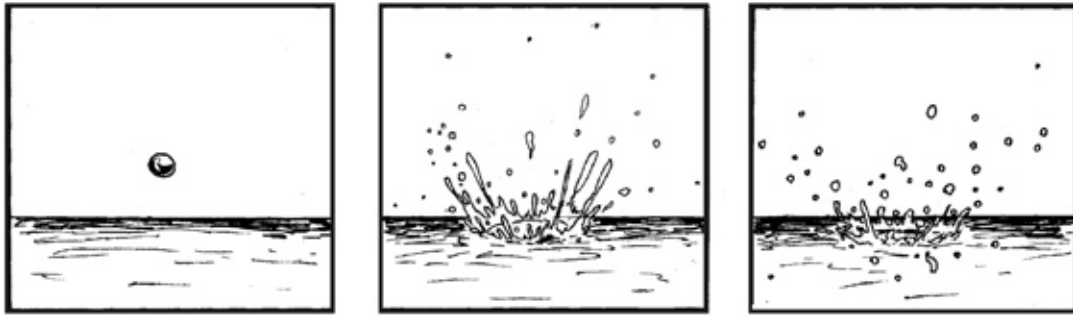


Figura 19.1: O impacto da gota de chuva.

A OUTRA VIA DA ÁGUA: O ESCOAMENTO SUPERFICIAL E SUA CAPACIDADE DE TRANSPORTAR

Agora vamos parar para pensar para onde vai a água da chuva que não chega a se infiltrar no solo. Na **Figura 19.2**, vemos, a partir de sua chegada à superfície do solo, duas únicas opções: a água pode penetrar no solo ou escoar sobre sua superfície, no que chamamos de **escoamento superficial**. O escoamento superficial pode, dependendo

da inclinação ou declividade do terreno, transformar-se em uma enxurrada ou uma torrente. A força com que esta água escorre é capaz de destacar e transportar partículas desse terreno. Quanto maior for a declividade do terreno, maior é o volume de água e maior é sua velocidade, o que aumenta sua força desagregadora. Mas esta desagregação e transporte, na verdade, acontecem mesmo quando o volume e força da água superficial não são tão grandes como em uma enxurrada.

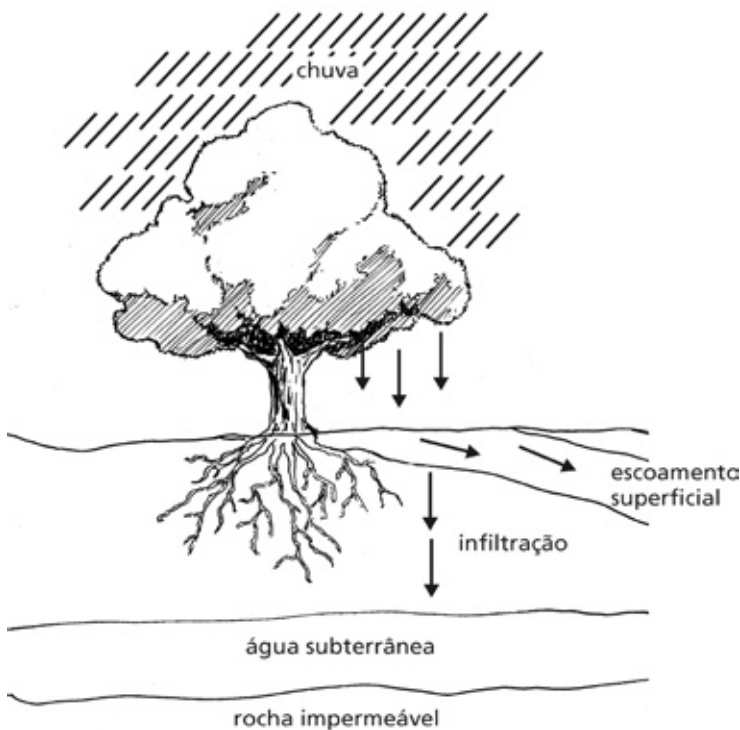


Figura 19.2:
Infiltração x Escoamento
superficial no ciclo da água.

NOVAMENTE APONTAMOS O PAPEL DA VEGETAÇÃO

Se a vegetação, como vimos, favorece a infiltração da água da chuva, ela contribui para a redução do escoamento superficial. O húmus é também importante porque confere maior resistência aos agregados ao sofrerem o impacto da gota, conferindo-lhes estabilidade. Mas, mesmo havendo escoamento, a vegetação diminui sua velocidade, pela presença dos pequenos obstáculos do terreno e da serrapilheira. Com menor velocidade do fluxo, e pela presença do sistema radicular que segura as partículas do solo, menor será a perda de solo.

ISTO É EROSÃO

Pronto. Agora completamos a idéia de **erosão pluvial** ou **erosão hídrica**. Erosão corresponde ao destacamento e transporte das partículas do solo. Este processo pode acontecer também pela ação do vento, do mar ou de geleiras. Mas agora falamos na erosão decorrente do trabalho da água da chuva, ou erosão pluvial. A erosão já acontece no momento do impacto da gota (**EROSÃO POR SALPICAMENTO OU SPLASH**), já que este já é suficiente para separar as partículas e lançá-las adiante. Com o escoamento superficial, então, ela se intensifica, transportando uma quantidade maior de partículas. Quando a erosão é muito acentuada, toda a camada superficial, justamente aquela mais enriquecida com matéria orgânica, atividade biológica, e, conseqüentemente, nutrientes, pode escoar “ladeira abaixo”. A erosão é um processo de perda, e significa empobrecimento do solo. Como conseqüência deste empobrecimento, o solo perde sua capacidade de sustentar nova vegetação. Pronto, o ambiente está degradado. O sistema já é outro.

EROSÃO POR SALPICAMENTO OU SPLASH

Estágio mais inicial do processo erosivo, pois, pela ruptura dos agregados, prepara as partículas para serem transportadas pelo escoamento superficial. Envolve também uma ação transportadora.

EROSÃO

Trabalho mecânico de desgaste realizado por agentes como as águas correntes, o vento (erosão eólica), o movimento das geleiras e, ainda, os mares. Para alguns autores, o conceito de erosão inclui a **separação ou remoção das partículas** (equivalente àquela idéia de desgaste) e seu **transporte**, culminando com sua **deposição**. Seria, assim, um processo composto dessas três fases.

TIPOS DE EROSÃO PLUVIAL E O ASPECTO DO TERRENO

Além da erosão pelo impacto da gota de chuva, o escoamento de água relativamente uniforme, como em lençol, remove o solo também de maneira mais ou menos uniforme, em toda a superfície. Fica difícil de detectar sua ocorrência, a não ser pelo progressivo empobrecimento do solo. Por vezes, na paisagem, os morros se apresentam com uma cobertura graminóide rala, e dão visualmente esta impressão de degradação ambiental. O solo não consegue mais sustentar uma vegetação desenvolvida e a vegetação presente pouco pode contribuir para a recuperação do solo.

Figura 19.3: Ravinas formadas em um corte de estrada (Maranhão).

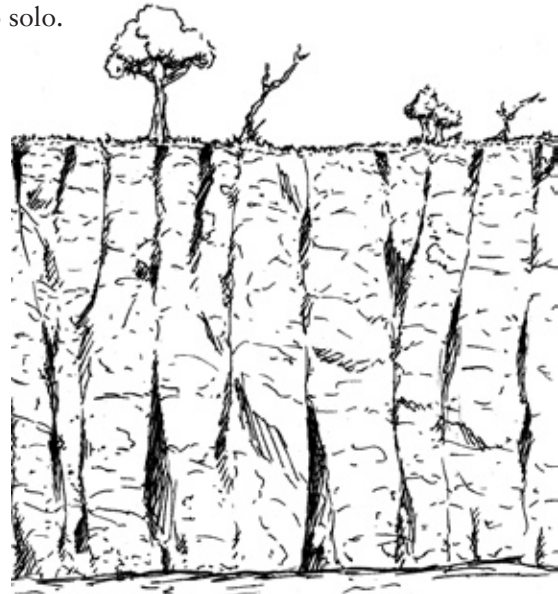
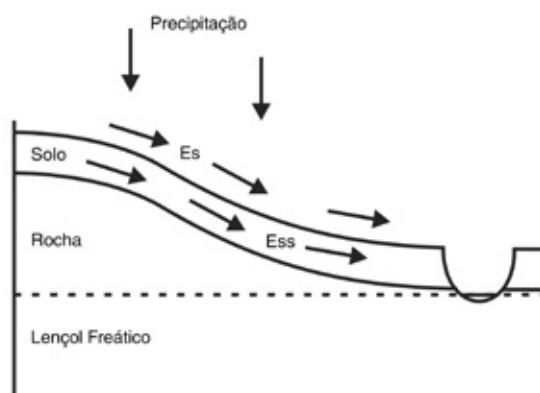


Figura 19.4: Voçoroca em Pirai, RJ.
Reproduzido de Maio, 1980.



Mas quando o escoamento superficial se concentra no terreno, produz marcas alongadas no sentido do declive, chamadas ravinas. As ravinas, se não forem detidas, podem crescer, se alargar e se aprofundar, criando aquelas depressões grandes chamadas voçorocas, que compõem uma triste paisagem degradada. Acredito que você já viu alguma voçoroca, e provavelmente já se questionou sobre sua origem.

As voçorocas podem também se originar a partir da ação do **ESCOAMENTO SUBSUPERFICIAL** (Figura 19.5). Quando este ocorre em fluxos concentrados, em túneis ou dutos, possui efeitos erosivos, provocando o colapso da superfície situada acima, resultando na formação de voçorocas.



ESCOAMENTO SUBSUPERFICIAL

Movimento lateral de água, em subsuperfície, nas camadas superiores do solo. Acompanha a declividade do terreno.

Figura 19.5: Escoamento superficial (Es) e escoamento subsuperficial (Ess).

A REPERCUSSÃO ESPACIAL DOS EFEITOS DA EROÇÃO

Embora costumemos separar os diferentes ambientes, considerados diferentes ecossistemas, é preciso lembrar que os ecossistemas se intercomunicam. Isto é bastante verdadeiro quando se vêem os processos de erosão. As partículas que deixam um ecossistema são obviamente depositadas em algum outro lugar mais adiante. Muitas vezes, este material chega a um córrego ou rio, entulhando-o (**ASSOREAMENTO**) e diminuindo sua capacidade de conter mais água nos momentos em que a chuva se faça muito intensa. Você já está imaginando a consequência disso? Se imaginou que pode favorecer uma enchente, está certo.

ASSOREAMENTO

Processo de elevação de uma superfície por deposição de sedimentos.

RESUMINDO A SEQÜÊNCIA DOS ACONTECIMENTOS DESENCADEADOS PELO DESMATAMENTO

O conjunto floresta/solo pode permanecer por um longo tempo, mesmo em uma região de clima úmido, com um regime de precipitações concentradas e fortes, como ocorre na região Sudeste brasileira, da qual fazemos parte. Mas quando a floresta é retirada, no processo a que chamamos de **desmatamento**, desestabilizamos o sistema. A degradação da cobertura florestal leva à degradação do outro recurso, o solo. O sistema já é outro, diferente do florestal.

SAZONAL

Relativo a sazão ou estação do ano.

Estas mudanças ambientais, por sua vez, correspondem a uma alteração no ciclo da água. Maior proporção da água da chuva escoam superficialmente ao invés de penetrar no solo e recarregar o lençol freático. As consequências disso se refletem, então, em outros componentes da paisagem, isto é, nos cursos de água, os rios. Suas variações **SAZONAIS** usuais são mais acentuadas. Os rios se tornam mais secos na estação de menor precipitação, e tornam-se mais volumosos ou caudalosos na estação das chuvas, já que a maior parte da água da chuva corre imediatamente para os rios. Além disso, se assoreados pelo material trazido pelo escoamento superficial, menor será sua capacidade de alojar o excedente de água assim aumentado. Assim, temos o conjunto de condições que favorecem a ocorrência de enchentes que trazem tantos prejuízos materiais e às vezes até a perda de vidas humanas.

EROSÃO NORMAL X EROSÃO ACELERADA

Bem, seria bom chamar a atenção para o fato de que a erosão é, na verdade, um processo que ocorre mesmo na presença da vegetação e mesmo na ausência das interferências antrópicas (ligadas ao homem). É a chamada **erosão normal** ou **geológica**. As atividades do homem, porém, principalmente relacionadas ao desmatamento e ao uso inadequado do solo, aceleram e intensificam grandemente este processo natural, desencadeando a **erosão acelerada**.

EROSÃO É DIFERENTE DOS MOVIMENTOS DE MASSA

MOVIMENTOS DE MASSA

Correspondem aos movimentos coletivos, onde a ação da **gravidade** assume papel fundamental e pode ser grandemente auxiliada pela saturação/acumulação de água no substrato.

Você deve estar se perguntando: e o que são os **MOVIMENTOS DE MASSA**? É bem provável que você os conheça muito bem, só que com outros nomes. Afinal, estamos na região Sudeste do Brasil, onde há formas de relevo com declividade acentuada e onde ocorrem, eventualmente, eventos de precipitação intensa. **Deslizamentos de encosta**, **desmoronamentos** ou **escorregamentos** são tipos de movimentos de massa. Então você já ouviu falar disso, certo? E possivelmente até já viu seu resultado: encostas que apresentam cicatrizes no meio da floresta e estradas bloqueadas pelo material deslizado. Mas se você observou esta porção “careca” da encosta, que sofreu este processo, você pode se dar conta que ele ocorre até mesmo na presença da floresta.

No movimento de massa, em vez de partículas individualizadas, deslocadas por algum agente, como vento ou água, é toda uma massa de terra que se desloca de uma vez só. Aqui, a água não é um agente de transporte. Neste caso, não há nem mesmo transporte. Este movimento coletivo é decorrente da *declividade* acentuada. As *precipitações intensas e prolongadas* desencadeiam estes processos, já que aumentam bastante o peso da massa de terra, favorecendo sua queda em função da gravidade. *Cortes de estrada* também podem favorecê-lo sendo, muitas vezes, o elemento desestabilizador que favorece estes deslizamentos. A acumulação de lixo em encostas, comum em grandes centros urbanos, é um outro componente ambiental que, segundo os pesquisadores, está associado ao alto risco de acidentes desta natureza.

RESUMO

A vegetação protege o solo do impacto pela gota de chuva e, indiretamente, dá maior resistência aos agregados do solo.

A vegetação favorece a infiltração da água da chuva em detrimento do escoamento superficial.

A infiltração é importante para a recarga do lençol freático e se reflete na regularidade dos rios.

A erosão é o processo de destacamento e transporte das partículas do solo pelo impacto da gota, pelo escoamento superficial e pelo escoamento subsuperficial.

Então...

O destino e a ação da água da chuva dependem da interação entre a vegetação e o solo. Este destino determina a ocorrência de maior ou menor erosão e se reflete na regularidade dos rios. Assim, o desmatamento pode estar relacionado a um aumento da intensidade e da frequência das enchentes.

EXERCÍCIOS

1. Ao percorrer seu município, ao passar por estradas, olhe para os lados. Se você vê marcas de erosão como as voçorocas, observe também a cobertura vegetal do terreno onde elas ocorrem e procure sinais de qual ou quais as atividades humanas que ali se desenvolvem.
2. Explique a influência da matéria orgânica no comportamento da água no solo.
3. Quais as rotas preferenciais da água da precipitação (para onde ela vai em maior proporção)?
 - a) na presença da floresta.
 - b) na ausência da cobertura vegetal.
4. Explique os processos e interações em seu caminho até a chegada da precipitação em um rio, distinguindo-se as duas situações.
5. Quando ocorrem enchentes, sempre alguma voz se levanta para culpar o desmatamento. Que relação a presença ou ausência da cobertura florestal teria com a ocorrência de enchentes?
6. Também o ressecamento e até desaparecimento dos rios são associados ao desmatamento. Por quê?

Desequilíbrios ecológicos 2– Estudo de caso: Baía de Guanabara

AULA

20

objetivos

Através do estudo do caso da Baía de Guanabara, deveremos:

- Compreender a dinâmica fluvial e as implicações das alterações antrópicas.
- Adquirir a percepção do que é, espacialmente, uma bacia hidrográfica. Inclui a percepção da propagação espacial de efeitos de atividades antrópicas.
- Entender um manguezal como um sistema de interface.

INTRODUÇÃO

O que você tem a ver com a Baía de Guanabara? Bem, se você mora ou trabalha nos municípios Rio de Janeiro, Niterói, São Gonçalo, Itaboraí, Rio Bonito, Cachoeiras de Macacu, Guapimirim, Magé, Petrópolis, Duque de Caxias, São João de Meriti, Nova Iguaçu, Nilópolis e Queimados, você, segundo o geógrafo Elmo Amador, faz parte da bacia contribuinte da Baía de Guanabara. Amador (1997), na verdade, apenas citou estas áreas como fazendo parte desta bacia contribuinte. Mas, convenhamos, sua vida e suas atividades, assim como todos os que habitam estas áreas, contribuem efetivamente para as condições da Baía de Guanabara.

Nesta aula, veremos:

- Quais as condições atuais da Baía de Guanabara.
- Por que digo que a vida e as atividades dos que habitam estas áreas contribuem para as condições da Baía de Guanabara.

AS CONDIÇÕES ATUAIS DA BAÍA DE GUANABARA

A imprensa pode nos ajudar a formar uma idéia sobre isso. Do jornal carioca *O Globo*, podemos citar as reportagens a seguir:

- 1) “Polícia Federal abre inquérito para apurar **derramamento de óleo** na Baía”. (*O Globo*, 19/7/02. Grifos nossos.)
- 2) “Marinha fecha entrada de canal na Baía”: A Escola Naval fez um **aterro** de pedras e interrompeu o curso da água – o canal entre o continente e a ilha está **assoreando**. O Ibama dá prazo de um ano para que se desfça esta ligação. (*O Globo*, 3/8/02. Grifos nossos.)
- 3) “**Manguezais destruídos**”: “A degradação da Baía de Guanabara não se limita ao trecho ao redor da Ilha de Villegagnon, onde fica a Escola Naval. (...) Vítimas do despejo de **esgoto** e de **lixo**, os manguezais também perdem espaço para os **aterros** clandestinos. (...) A degradação, ao longo dos últimos cem anos, já fez desaparecer ilhas, enseadas, lagunas e praias ao redor da Baía. (...) Da vegetação nativa de mangue, apenas a Área de Proteção Ambiental (APA) de Guapimirim ainda resiste à ocupação desordenada. (...) Os 35 rios que desembocam na baía despejam lixo nas águas e carregam resíduos sólidos.” (*O Globo*, 3/8/02. Grifos nossos.)

4) “E o mar virou esgoto, em 4 pontos da baía” (*O Globo*, 10/8/02)

5) “O perigo que sai dos consultórios”: “Em novembro do ano passado, (...) o esgoto de 69 hospitais era despejado, diariamente, sem tratamento, nas praias, lagoas e na Baía de Guanabara. Segundo sanitaristas e infectologistas, o **esgoto hospitalar** é perigoso porque tem alta concentração de bactérias e vírus, que podem causar, por exemplo, diarreia grave, hepatite A e meningite viral.” (*O Globo*, 21/10/02. Grifos nossos.)

6) “Ibama interdita empresa por **despejo tóxico**”: “Fábrica de parafusos contamina manguezal em São Gonçalo e mata mais de 200 aves, siris e caranguejos. (...) Despejo de óxido de zinco e ácido sulfúrico no manguezal.” A empresa não tinha estação de tratamento para os resíduos químicos, que acabam sendo jogados na rede pluvial. “Aqui vivem mais de 900 famílias. É uma comunidade de pescadores. Estão todos parados, **sem poder pescar para sobreviver...** Os culpados pelo despejo do produto químico poderão ser enquadrados na Lei de Crimes Ambientais.” (*O Globo*, 4/12/02. Grifos nossos.)

A Baía de Guanabara vai mal, não?

A Baía de Guanabara e ecossistemas periféricos foram bastante estudados por Elmo Amador, o que resultou em um belo e apaixonado livro publicado em 1997. Tomamos sua obra como base para muitas das informações aqui presentes.

Na Baía e Bacia de Guanabara há um complexo de ecossistemas diversificados. A ocupação histórica, com a colonização européia, iniciou a destruição e alteração destes ecossistemas, tendo atingido uma escala mais dramática nas últimas décadas. Houve diversas intervenções nos sistemas fluviais que se refletiram em brutal **ASSOREAMENTO** da Baía. Para este assoreamento contribuem também desmatamentos, aterros, lixo e esgotos domésticos e industriais. A partir da década de 50, com os aterros, “conjugados à expansão das indústrias poluidoras, principalmente químicas, farmacêuticas e refinarias, e ainda ao espetacular crescimento populacional e expansão urbana, passou a haver uma mudança radical na qualidade das águas, flora, fauna, balneabilidade das praias e declínio da pesca na Baía. Os **EFLUENTES** industriais, em escala cada vez maior, passaram a contaminar a baía com óleo, metais pesados, substâncias

ASSOREAMENTO

Diz respeito à perda de profundidade da Baía pela introdução de sedimentos de origem externa, interna e marginal.

EFLUENTE

Resíduo ou rejeito (de atividade industrial, esgotos sanitários etc.) lançados no meio ambiente.

tóxicas e carga orgânica. A expansão urbana e populacional, não acompanhada de saneamento básico, passou a responder pela poluição por esgoto doméstico, que gradualmente foi tornando as praias da Baía impróprias para o uso balneário” (Amador, 1997, p. 28).

Para compreender como a Baía de Guanabara sofre a influência do que acontece em cada um dos ecossistemas e das áreas de sua bacia contribuinte, vamos primeiro passar pela noção do papel dos cursos de água que integram uma bacia.

O QUE É UM RIO E SUA DINÂMICA

Quando pensamos na nascente de um rio, associamos à idéia de um lugar alto e com cobertura vegetal. Bem, o rio é o resultado do afloramento de uma água subterrânea mantida pela cobertura florestal. Esta água, que passou a correr na superfície de forma concentrada, vai realizar um *trabalho* que corresponde a **ERODIR, transportar e depositar** material sedimentar. Com isso, o rio cava seu próprio leito. Conforme a **declividade**, ele ganha uma dada **velocidade**, e isso determinará sua **força erosiva**, assim como sobre a parte do leito (paredes ou fundo) em que ela vai atuar mais efetivamente, gerando uma determinada forma. A forma do leito depende, também, de fatores climáticos e das características das rochas sobre as quais o rio corre, umas mais resistentes, outras menos. Nas planícies sedimentares, como na baixada que faz parte da bacia da Baía de Guanabara, os rios serpenteiam formando **MEANDROS**.

CANAIS MEANDRANTES

Descrevem curvas sinuosas harmoniosas e semelhantes entre si. Ver Figura 20.2.

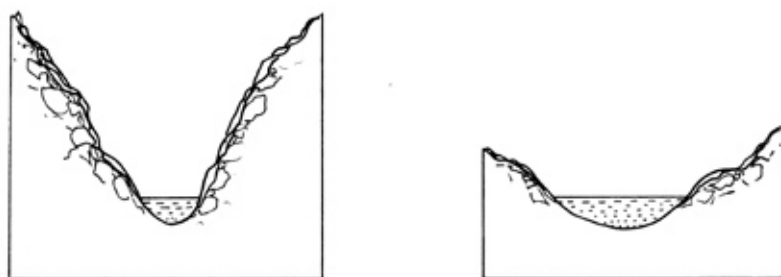


Figura 20.1: O vale de um rio na montanha (curso superior) e no curso inferior, já próximo à foz.

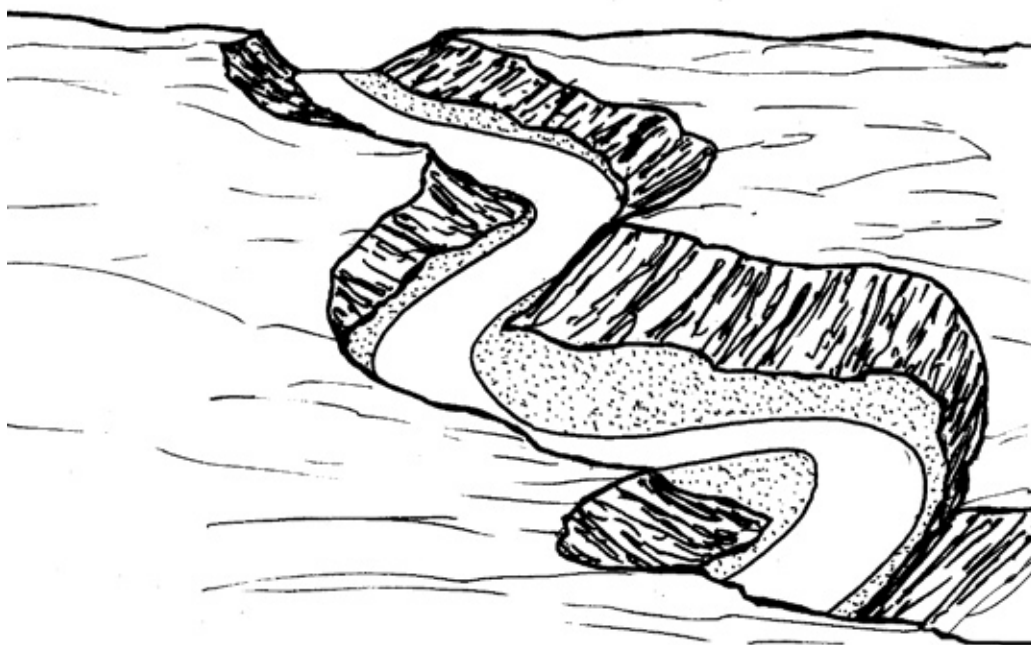


Figura 20.2: Um rio meandrante.

Ao longo de seu caminho, o rio vai recebendo contribuições, seja de outros rios menores, seja das águas que, durante as chuvas, chegam até ele pelo escoamento sobre as superfícies. O volume de água do rio, a sua **VAZÃO** ou o seu **DÉBITO** (m^3/s), vai depender, entre outros fatores, da estação do ano, seja ela mais chuvosa ou mais seca.

Bem, podemos então concluir que o fluxo fluvial é constituído da água (descarga líquida), mais substâncias dissolvidas (carga dissolvida) e material sedimentar (**carga sedimentar** ou **carga sólida**) que ele próprio erodiu, acrescido do material que as chuvas trouxeram pelo escoamento superficial. Sabemos, por observação, que durante ou imediatamente após uma chuvarada o rio se torna bem mais barrento, certo? É sua carga sólida que aumentou. Esta carga sólida, pelo que vimos na Aula 19, depende da cobertura vegetal da região. Na presença da floresta, ela é reduzida.

Ao longo deste caminho, percorrendo terrenos menos declivosos e perdendo velocidade, o rio vai depositar, inicialmente, o material mais grosseiro, mais pesado. Indo em direção a sua foz, o material depositado será cada vez mais fino. É este material fino que constituirá o substrato dos manguezais.

VAZÃO

Volume por unidade de tempo, que se escoou através de determinada seção transversal de um conduto ou de um curso.

DÉBITO

É o volume de fluido que atravessa uma dada área por unidade de tempo (m^3/s).

Por exemplo, o desmatamento das encostas que liberam, então, maior carga de sedimentos através da erosão, contribui com um maior volume de sedimentos para o rio, assoreando-o. Aqui deve-se apontar a importância das MATAS CILIARES em seu papel de retenção de sedimentos. Além disso, o desmatamento, como também o crescimento da área urbana, com seus terrenos impermeabilizados, contribuem para que haja um maior volume do escoamento superficial durante as chuvas. Dessa forma, ambos levam a um aumento na frequência e intensidade de enchentes. E ambos contribuem para o assoreamento da Baía.

As bacias hidrográficas integram uma *visão conjunta* do comportamento das *condições naturais* e das *atividades humanas* nelas desenvolvidas. Daí a importância de considerá-las nas atividades de planejamento ambiental. Em contrapartida, a recuperação de uma baía degradada deve considerar, particularmente, as atividades humanas desenvolvidas em toda a “área contribuinte”.

A BACIA CONTRIBUINTE DA BAÍA DE GUANABARA

Com uma superfície aproximada de 4.600 km², a Bacia da Guanabara tem sofrido muitas alterações ANTRÓPICAS ao longo de sua história. Muitas alterações foram relacionadas à rede de drenagem nas áreas de baixada, sejam aquelas impostas diretamente aos canais de drenagem, sejam as mudanças fluviais indiretas que resultam das atividades humanas realizadas em suas bacias de drenagem.

As modificações na rede de drenagem atenderam a objetivos como “recuperação” de terras úmidas para os grandes proprietários da Baixada e contenção de inundações. Estas intervenções nos sistemas fluviais envolveram obras de drenagem de brejos e pântanos, dragagens, retificações e canalizações dos rios. Contudo, a destruição das lagunas, brejos, pântanos e manguezais, além de desmatamentos, aterros, assoreamento, canalização dos sistemas fluviais e a urbanização que interceptou e impermeabilizou as bacias, tiveram por consequência tornar as inundações crônicas.

MATA CILIAR

Cobertura vegetal que se desenvolve ao longo de cursos de água em regiões inundáveis.

Faixa estreita de árvores da beirada dos rios.

Em geral se distingue da **mata** ou **floresta galeria**, que é mais larga e ocorre em regiões como o cerrado, em razão da umidade do solo nas margens. Isto é, a floresta galeria ocorre em uma região onde a vegetação adjacente não é floresta contínua.

ANTRÓPICO

Relativo ao homem. Relativo à ação do homem sobre a natureza; ligado à presença humana.

Rios naturais **meândricos** foram transformados em canais artificiais alargados, retinizados e aprofundados. O encurtamento de canais meândricos (retinização) levou a que os cursos fluviais tivessem aumentada a capacidade de transporte de carga sólida para a Baía, contribuindo para aumentar as taxas de assoreamento da mesma.

O desmatamento generalizado e a ocupação irregular e predatória dos morros e serras, por sua vez, passaram a ser responsáveis por uma acentuada erosão na bacia contribuinte, além dos deslizamentos que causam danos sociais e econômicos.

A aceleração da erosão, os aterros, lixo e esgotos domésticos e industriais, além das alterações na rede de drenagem, contribuíram bastante para o assoreamento da Baía. “O assoreamento, enquanto não culmina com a morte física da Baía, já é responsável por graves restrições de suas águas para a atividade portuária, estaleiros, navegação e pesca” (Amador, 1997, p. 28).

OS MANGUEZAIS E SUA IMPORTÂNCIA

Os manguezais se estabelecem no fundo da Baía, onde o mar é protegido de uma movimentação intensa e ocorre, então, a deposição do MATERIAL SEDIMENTAR FINO trazido pelos rios.

MATERIAL SEDIMENTAR FINO

Refere-se particularmente ao silte e **argila** que é trazidos pelos rios.

Nesta área de transição entre os sistemas terrestre e marinho, o manguezal tem relação com este último no que se refere a sua utilização por animais marinhos como **área de desova e de criação** e à **exportação de detritos orgânicos** que contribuem também para a produtividade dos ecossistemas marinhos.

A presença do manguezal nesta interface rio-mar tem um papel, também, de contenção de sedimentos que são continuamente trazidos pelos rios, estabilizando as margens dos estuários dos rios. Segundo Amador (1997), o manguezal tem importância capital como **filtro de sedimentos**, retendo partículas que de outra forma iriam assorear a Baía de Guanabara.

Mas, se destruídos por aterros clandestinos e degradados pelo despejo de esgoto, de lixo e de produtos industriais tóxicos, os manguezais desaparecem; os prejuízos são, então, em decorrência destas suas “funções”, propagados aos ecossistemas marinhos adjacentes. É o que tem acontecido também na Baía de Guanabara.

O QUE FAZER?

Bem, podemos resumir os problemas ambientais da Baía de Guanabara em dois aspectos: **aterros e assoreamento da Baía e poluição**. Vimos problemas que foram associados ao uso da rede de drenagem como local de despejo de resíduos sólidos, esgotos domésticos, hospitalares e industriais. As substâncias tóxicas incluídas nos resíduos químicos das atividades industriais alteram comunidades bióticas, particularmente nos manguezais, e interferem na vida econômico-social da população local. Há uma perda de vários potenciais de uso da Baía de Guanabara. Contudo, há legislação específica para os problemas ambientais.

Os esforços para despoluição passam pela construção de coletores do esgoto e utilização de estações de tratamento, o que requer financiamento. O Governo Estadual deu início, a partir de 1990, ao Programa de Despoluição da Baía de Guanabara, com apoio externo. Seu principal objetivo é o atendimento às necessidades nas áreas de **saneamento básico, abastecimento de água, coleta e destinação final de resíduos sólidos, drenagem, controle industrial e monitoramento ambiental**.

Contudo, como em toda questão ambiental coletiva, o comportamento individual também conta. As atividades agrícolas na bacia, por exemplo, devem evitar o uso excessivo e ineficiente de agrotóxicos, como herbicidas e pesticidas, mas também de fertilizantes. Mas é particularmente importante um trabalho de **educação ambiental** nas comunidades próximas à Baía de Guanabara. Nos manguezais, os recursos devem ser utilizados racionalmente, de forma sustentada. Deve-se evitar, por exemplo, a captura de caranguejos durante sua época de reprodução, para que se possa contar com este recurso também no futuro.

A notícia do jornal *O Globo* de 3/8/02 nos mostra que o estabelecimento de uma unidade de preservação (APA) teve efetivamente uma função de preservação.

Quanto ao assoreamento, Amador (1997, p. 17) considera que há “uma certa irreversibilidade, na medida em que planos para desassoreamento são praticamente inviáveis técnica e financeiramente”.

E, finalmente, na medida em que, como vimos, a recuperação de uma Baía degradada deve considerar as atividades humanas desenvolvidas em toda a área contribuinte, ela requer que os usos da terra nestas áreas se dêem de forma adequada, evitando-se, por exemplo, a remoção da vegetação e o emprego de práticas agrícolas indevidas. Na Aula 25, serão apresentadas algumas propostas para que se evite a erosão em sistemas agrícolas.

RESUMO

A bacia contribuinte da Baía de Guanabara inclui um complexo de ecossistemas diversificados. O crescimento populacional, com ocupação e transformação dos terrenos de baixada, incluindo diversas intervenções nos sistemas fluviais, como canalizações e retificações, modificaram o comportamento da descarga e da carga sólida dos rios da bacia. Estas alterações se refletiram em brutal assoreamento da Baía. Para este assoreamento contribuem, também, desmatamentos em toda a área da bacia, associados a um uso da terra inadequado, aterros, lixo e esgotos domésticos e industriais. A expansão industrial, além da urbana, levou à degradação das águas superficiais que convergem para a Baía.

Os manguezais, sistemas de interface entre a terra e o mar, são economicamente importantes como fonte de recursos para comunidades locais, mas também para o ecossistema marinho adjacente, seja pela exportação de detritos orgânicos, seja como habitat para reprodução, alimentação e desenvolvimento de espécies marinhas, contribuindo, destas duas formas, para a produtividade dos ecossistemas costeiros. São também importantes por seu papel de filtro de sedimentos.

No entanto, os aterros e acréscimos de sedimentos e substâncias tóxicas à Baía de Guanabara têm implicado também a degradação dos ecossistemas de manguezal, com prejuízos biológicos e ambientais espacialmente ampliados, além de implicações socioeconômicas importantes.

A bacia hidrográfica integra, especialmente, as condições naturais e atividades humanas nela desenvolvidas. A situação da Baía de Guanabara reflete o que acontece à sua bacia contribuinte

EXERCÍCIOS

1. Que usos da Baía de Guanabara têm sido comprometidos com a sucessão de alterações ambientais na sua bacia contribuinte?
2. Relacione as inundações aos processos erosivos nas encostas das bacias hidrográficas.
3. Em que aspectos podemos identificar esta “posição” de um manguezal como um sistema de interface terra-mar?
4. Por que, como disse Amador (1997), a destruição e alteração dos ecossistemas da bacia da Baía de Guanabara atingiram uma escala mais dramática nas últimas décadas?
5. Nas partes mais altas do relevo, o leito do rio pode ser mais vertical do que quando ele corre por uma planície, e já próximo à sua foz, se alargando. Explique, associando declividade, erosão e deposição.
6. Um rio pode apresentar diferentes vazões e cargas sólidas conforme a estação do ano. Explique.
7. Quais as “funções” do ecossistema do manguezal que o tornam importante para o ecossistema marinho adjacente?

Desequilíbrios ecológicos 3: o sistema agrícola

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Compreender a estrutura e o funcionamento de um ecossistema agrícola.
- Compreender que a continuidade do sistema agrícola requer contínua inserção externa de energia e materiais.
- Compreender que o caráter excessivamente aberto do ecossistema agrícola leva à degradação de outros ecossistemas a ele interligados.
- Compreender que maior sustentabilidade desse ecossistema pode ser conseguida com a redução das entradas e saídas de energia e materiais.
- Identificar as práticas de manejo que atendem ao item acima formulado.

ANÁLISE DO SISTEMA AGRÍCOLA: ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO

Os sistemas ecológicos funcionam através de um fluxo de energia e do ciclo de minerais. Um é condição para o outro. A energia flui, de um organismo a outro, no ecossistema na forma de moléculas orgânicas. Através dessas moléculas orgânicas, os elementos minerais que as constituem estão também seguindo caminho, passando de um organismo a outro. Nos ecossistemas terrestres, um grande excedente de matéria orgânica, não consumida por animais, vai ao solo. No solo, esse material alimenta uma comunidade diversificada de animais e microorganismos que, através do processo de decomposição, liberam os nutrientes minerais na forma inorgânica prontos, então, a uma reabsorção pelas plantas. Assim inicia-se um novo ciclo.

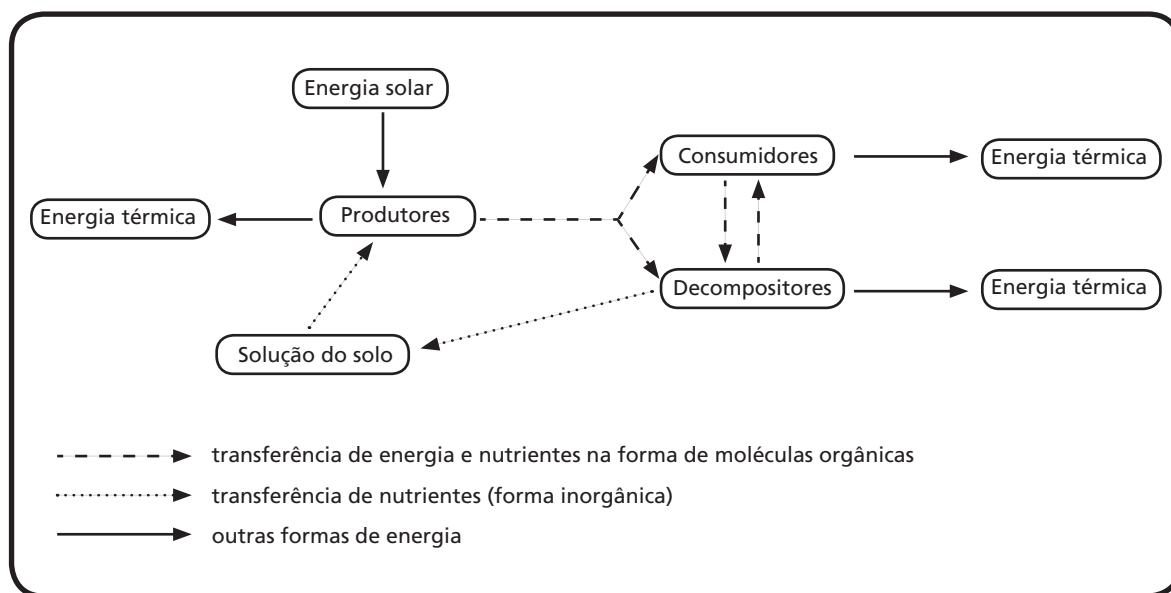


Figura 21.1: Esquema simplificado do fluxo de energia e ciclagem de materiais em um ecossistema terrestre.

É fácil de enxergar esse funcionamento em uma floresta, por exemplo (ver Schubart e outros, 1984). Mas, como é a dinâmica em um ecossistema agrícola? Vamos aqui analisar as condições estruturais e funcionais desse tipo de ecossistema, para embasar propostas de manejo que possam atenuar desequilíbrios ecológicos e dar maior sustentabilidade a esse sistema.

Vamos começar por nós mesmos, já que se trata de um ecossistema *construído* pelo homem. Por que ele é *construído*?

O objetivo do sistema agrícola é a produção de alimentos. O que nos interessa é sua **PRODUÇÃO PRIMÁRIA LÍQUIDA**, isto é, o excedente do que foi produzido pela planta (energia fixada pela fotossíntese) em relação ao que foi consumido pelo próprio indivíduo vegetal. Este consumo se deu através da queima, na respiração, de moléculas orgânicas produzidas.

Esta produção líquida, correspondente aos tecidos vegetais que irão nos nutrir, é retirada e consumida localmente, nos casos da **AGRICULTURA DE SUBSISTÊNCIA**, isto é, destinada a sustentar a vida do próprio produtor e sua família ou comunidade. Mais comumente, este material orgânico é exportado até núcleos ou centros urbanos.

A consequência disso é o empobrecimento progressivo biológico e mineral do solo, já que exportamos, com a matéria orgânica, energia e elementos minerais, os nutrientes.

Estrutura do sistema agrícola

Para atender aos nossos objetivos, há normalmente restrições à quantidade de espécies vegetais presentes, que devem se limitar àquelas que nos interessam, evitando-se as ervas daninhas (**PLANTAS INVASORAS**). Plantas invasoras concorrerão com aquelas de nosso interesse, por espaço e pelos recursos do solo (água e nutrientes).

E os outros organismos? A fauna e microorganismos nem sempre são alvo de nossa atenção. Sabemos que é benéfica a presença de minhocas, mas não muito além disso. Bom, ficamos de olho em animais, geralmente insetos – adultos ou em fase larvar –, que, por se alimentarem das plantas que queremos para nós, precisam ser controlados para que não acabem com as plantas. Mas podemos supor que a redução na diversidade de espécies, ao nível dos produtores primários, implicará a redução das espécies dos consumidores e decompositores.

PRODUÇÃO PRIMÁRIA LÍQUIDA

Fração da energia assimilada pelo organismo autotrófico que é utilizada para o crescimento e regeneração de tecidos do corpo, para armazenamento ou para reprodução.

AGRICULTURA DE SUBSISTÊNCIA

Produção agrícola voltada unicamente ao consumo do próprio produtor.

PLANTA INVASORA

Planta ruderal, altamente dispersiva, que ocupa sistemas altamente perturbados ou alterados.

Planta ruderal é aquela que habita as cercanias das construções humanas: ruas, terrenos baldios, ruínas etc.

Funcionamento do sistema agrícola

A cadeia alimentar nesse ecossistema nos parece ser bastante simplificada: planta-alimento → homem. O *ciclo* de nutrientes é bastante aberto e, portanto, muito diferente do que poderíamos registrar para uma floresta.

A retirada constante dos nutrientes com as plantas requer a reposição também constante de nutrientes. Isso se faz através da adição de fertilizantes, normalmente constituídos de nitrogênio, fósforo e potássio (N-P-K), nutrientes requeridos em grande quantidade pelas plantas. O *ciclo* de nutrientes se inicia, portanto, na região onde está a rocha que é minerada ou onde se dão os processos industriais que produzem o fertilizante.

Os nutrientes, na forma do alimento, são levados aos centros urbanos consumidores. O metabolismo orgânico deste centro urbano ou desta pequena comunidade produz rejeitos (incluindo o lixo) e dejetos que serão exportados para outros lugares. Convenhamos, esse ciclo de nutrientes é tão aberto, que fica até difícil chamar isso de ciclo, não é?

A CONTINUIDADE DO SISTEMA AGRÍCOLA REQUER CONTÍNUA INTRODUÇÃO EXTERNA DE ENERGIA E MATERIAIS

Essa estrutura simplificada não se mantém sozinha, é claro. É um ecossistema bastante instável. O que acontece a um sistema agrícola que tenha sido abandonado à própria sorte? Não sei se você, de alguma forma, já presenciou esse fato. Mas, fundamentalmente, ele se desorganiza e deixa de existir! Dependendo do grau de desgaste do terreno e do afastamento de áreas florestais que possam fornecer **PROPÁGULOS**, ele pode se reconstituir com uma floresta ou outra formação que seja comum na área. Caso o terreno tenha sido degradado pelo uso agrícola, crescem algumas ervas daninhas (**plantas invasoras**) e pequenos animais aparecem. Assim esse novo sistema permanece, a vegetação mal cobrindo o solo.

PROPÁGULO

Qualquer parte de uma planta que dá origem a um novo indivíduo, como esporo, semente, fruto, gema de rizoma ou de estolão.

Para manter o ecossistema agrícola, evitando-se a sua desorganização e mudança, precisamos, continuamente, adicionar energia e materiais, os **INSUMOS**. Isso pode se dar pelo trabalho manual do agricultor ou com uso de maquinaria movida a combustível fóssil, adição de água (irrigação) e fertilizantes, às vezes também pesticidas, ambos produzidos e transportados até o local com gasto de energia! É o que veremos a seguir.

INSUMO

Elemento que entra no processo de produção de mercadorias ou serviços: máquinas e equipamentos, trabalho humano etc.; fator de produção.

ESTRATÉGIAS USUAIS DE FORMAÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA AGRÍCOLA

Em nosso país tão grande e diferenciado cultural e economicamente e em seu ambiente natural, há naturalmente variações nas práticas e nos sistemas agrícolas. Vamos abordar algumas **práticas** mais generalizadas, analisando seus **efeitos ambientais**. Mas seria bom ter a perspectiva de que fatores como a disponibilidade de **recursos financeiros**, as características e potencial dos **recursos naturais** e as características **culturais** prevaletentes na região influenciam na definição das práticas de manejo utilizadas.



Relembre o que você já leu nessa disciplina sobre as **leis da termodinâmica** e a **manutenção dos sistemas organizados da vida com a produção de entropia**.

Queimada

Esta é, talvez, a prática mais generalizada em nosso país. Qual a sua vantagem? Trata-se de um procedimento simples e barato para a *limpeza do terreno*, no sentido de extinção das plantas que não são de nosso interesse. Ela contribui, também, para um súbito *enriquecimento do solo* em minerais. Todos os elementos que faziam parte da biomassa da vegetação existente são subitamente liberados no ambiente na forma de cinzas.

Mas o benefício obtido com a queimada é instantâneo e não se perpetua. A grande quantidade de nutrientes liberada no meio não pode ser absorvida de imediato pelas plantas cultivadas, e vai sendo, progressivamente, perdida pelo transporte, dissolvida nas águas das chuvas que descem pelo solo (**LIXIVIAÇÃO**). Com esse progressivo empobrecimento do solo, o terreno, após algumas colheitas, é geralmente abandonado e parte-se em busca de outro.

LIXIVIAÇÃO

Remoção de elementos minerais solúveis pela água da chuva que desce pelo solo por ação da gravidade.

**AGRICULTURA
ITINERANTE**

Sistema primitivo de cultura do solo, característico das regiões tropicais, e pelo qual, após a queimada da mata, se instala determinada lavoura, que mal a terra apresenta sinais de esgotamento, é abandonada, ocasião em que o lavrador parte à procura de nova área ainda inexplorada.

Essa prática está bastante associada à **AGRICULTURA ITINERANTE**, geralmente de subsistência, e, muitas vezes, em área florestada. Ela implica um ciclo de desmatamento-queima-abandono que pode funcionar bem, ecológica e socialmente, quando a densidade populacional é baixa, há pouca gente a alimentar e as clareiras são pequenas. É desastrosa quando a exigência de produção cresce. As clareiras são cada vez maiores, com recuperação mais difícil, e o tempo de **pousio** (de interrupção do cultivo e *descanso* da terra) é cada vez menor.

Temos acompanhado uma campanha que desaconselha o uso da queimada, sobretudo pelo risco constante de propagação do fogo para áreas adjacentes. Quantas vezes os jornais da televisão já mostraram situações de mobilização nacional para a contenção de incêndios florestais na Amazônia, ou em reservas do cerrado, que provavelmente assim se iniciaram?

Mas, independentemente desse risco, a queimada traz outros prejuízos relacionados ao solo. Já vimos que a renovação do solo se faz pela matéria orgânica que, trabalhada pelos microorganismos e fauna do solo, produz o húmus, que desempenha importantes funções ligadas a propriedades físicas e químicas do solo. Mas a queimada tem como combustível essa matéria orgânica que assim é destruída! Conforme a intensidade do fogo e as temperaturas atingidas, a fauna e os microorganismos do solo, os *operários* desse processo de decomposição, são também destruídos (maiores informações você pode ver em Silva, 1996, p. 180). Agora creio que você pode visualizar a extensão do prejuízo ambiental que é decorrente de uma queimada!

A aração e a exposição do solo

Herdamos dos europeus a prática da aração, benéfica naqueles países em que as temperaturas do inverno, próximas de zero grau, *adormecem* a atividade biológica do solo que precisa ser retomada no plantio da primavera. O revolvimento do solo promove sua aeração, já que permite a entrada de oxigênio, sua exposição e aquecimento ao sol, além de retirar ervas que iriam competir com as plantas cultivadas. Bley (1999), em um artigo na *Ciência Hoje*, intitulado “Erosão solar – riscos para a agricultura nos trópicos”, fala sobre o assunto.

Erosão edáfica: risco para a agricultura nos trópicos

Para ampliar e manter sua produção agrícola, países como o Brasil precisam levar em conta esse fenômeno: a erosão solar.

Cícero Bley Jr.

Para produzir mais alimentos, uma necessidade da humanidade, é preciso ocupar novas fronteiras agrícolas e mantê-las produtivas. Nesse contexto, um dos maiores desafios é ampliar a produção em regiões tropicais, onde ainda há terras agricultáveis inexploradas, pois à medida que novas frentes são abertas, em geral com grandes impactos ambientais, a produtividade é comprometida por processos de perda da fertilidade natural e em seguida de desertificação. Um dos fatores que contribuem para isso não tem recebido atenção condizente com seu potencial de destruição: a ação do sol. A ciência do solo clássica reduz a importância da radiação solar e subestima seus efeitos diretos no solo e, em especial, na redução dos estoques de matéria orgânica essenciais à atividade microbiana, a vida do solo. Para ampliar e manter sua produção agrícola, países como o Brasil precisam levar em conta esse fenômeno — a erosão solar.

As estatísticas sobre perdas físicas de solo em todo o mundo revelam que, a cada ano, bilhões de toneladas de terra fértil são erodidas e transportadas para os rios. Segundo o Programa de Qualidade Ambiental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), no Brasil as perdas já atingem 840 milhões de toneladas anuais (t/ano) e estão aumentando, com a abertura de novas frentes agropecuárias no Centro-Oeste e na Amazônia.

No Rio Grande do Sul, tais perdas podem alcançar 20,1 toneladas por hectare (t/ha) nas culturas de soja, segundo o mesmo Programa. O total estadual é de 250 milhões de toneladas por ano. O ex-ministro e ex-secretário de Agricultura, Antônio Cabrera, estima que o estado de São Paulo perde 10kg de solo fértil por quilograma de grão produzido — ou duzentos milhões de toneladas por ano.

Para repor a fertilidade são usados em todo o país até 1,27kg de fertilizantes químicos por hectare, a um custo de mais de dois bilhões de dólares por ano. Estudos revelam que no Paraná, entre 1970 e 1986, o consumo de NPK — adubos industriais à base de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) — passou de cem mil para seiscentos mil toneladas por ano. A Embrapa estima, porém, que cerca de metade do fertilizante usado no conjunto de todas as culturas não atinge o alvo, ou seja, não é assimilada pelas plantas.

O drama não é só brasileiro: é mundial e particularmente grave nas regiões tropicais. Na Índia, por exemplo, segundo o Instituto de Pesquisas em Energia, a erosão já afeta 57% das terras, comprometendo onze das principais culturas do país — em algumas, a queda na produção chega a 25%. A área erodida dobrou em dezoito anos. A cada ano o país perde mais 1% de solo fértil e, junto, mais de vinte milhões de toneladas de NPK. No total, a perda causada pela erosão representa 1% a 2% do produto interno bruto (PIB) anual indiano.

No Haiti, metade das terras agricultáveis já se perdeu, gerando 1,3 milhão de “refugiados ambientais” (no México, são

novecentos mil por ano). No mundo, estima-se a perda de 1% das terras férteis a cada ano. Além disso, cerca de 25% das terras do planeta estão em processo de desertificação ou definitivamente perdidas. Esse fenômeno atinge 70% das terras áridas (3,6 bilhões de hectares), afetando um sexto da população mundial, segundo estudos internacionais sobre o problema.

Tal ameaça paira sobre 980,7 mil km² do Nordeste brasileiro (11,5% da área do país), segundo o Plano Nacional de Combate à Desertificação, do Ministério do Meio Ambiente. Em 181 mil km² dessa área, ações humanas, aliadas a fatores naturais, geram impactos difusos e perdas econômicas de oitocentos milhões de dólares por ano. As áreas mais comprometidas estão em Gilbués (PI), Irauçuba (CE), Seridó (RN) e Cabrobó (PE).

Há mais de uma década as secretarias estaduais de agricultura da região Sul apontam que cerca de um milhão de hectares em Alegrete (RS), outro tanto em Paranavai (PR) e mais um milhão em Pontal do Paranapanema (SP) estão virando deserto. A presença e o avanço do processo são visíveis no meio-norte de Mato Grosso, norte de Mato Grosso do Sul e sudoeste de Goiás. Há áreas críticas também em Tocantins e Minas Gerais.

Grande parte do processo deve-se ao desmatamento de áreas suscetíveis, ao emprego de métodos inadequados de mecanização intensiva (como aração e uso de grade pesada, destruindo o solo) e à exposição intensa à erosão hídrica, à erosão eólica e aos raios solares, entre outros fatores. Frequente nas novas frentes de ocupação, como Rondônia, a agricultura nômade (em que as terras são abandonadas ao primeiro sinal de redução da fertilidade primitiva, alimentada por milhões de anos de acumulação de elementos) agrava ainda mais o problema.

Técnicas eficientes de redução da erosão, como o plantio direto na palha, uma revolução no relacionamento com o solo, motivam cada vez mais agricultores, mas ainda são relativamente pouco usadas. Em alguns estados do Sul o método já é observado em um terço das culturas, mas no país o percentual não passa de 10%, segundo dados da Embrapa. Estamos ainda longe de um sistema como o dos Estados Unidos, que paga aos proprietários para que dêem um período de descanso às terras. Entre 1982 e 1992, o sistema reduziu em 18% as áreas mais comprometidas pela erosão, segundo dados oficiais.

Vida no solo: intensa e diversificada

Nos tempos da chamada “ciranda financeira”, era possível esconder grande parte da ineficiência no uso da terra. Perdas operacionais eram compensadas por ganhos financeiros. Hoje, a economia estável desnuda os sistemas produtivos e exige ajustes que minimizem os riscos e viabilizem a atividade. Nesse contexto, a questão do solo é decisiva para a economia agrícola. Mesmo usando técnicas que reduzem as perdas, a capacidade produtiva dos solos continua a ser afetada.

Parece difícil entender que os solos não são meros suportes físicos para as plantas. Em geral, damos pouca atenção à

atividade biológica que se desenvolve ali, fundamental para a estabilidade dos agregados (torrões) e para a regulação da dinâmica das águas no solo, fatores importantes na resistência à erosão. A vida do solo é responsável direta pela disponibilidade de nutrientes para as plantas e por outros processos.

Há vida intensa e diversificada nos solos. A disponibilidade e qualidade dos alimentos são condições básicas para sua manutenção. Todos os seres do solo têm como base de nutrição o carbono presente na matéria orgânica que nele se acumula (resíduos vegetais e animais). A natureza recicla esses resíduos para tornar disponível o carbono necessário aos organismos do solo. O produto final dessa reciclagem é o húmus, ou matéria orgânica estabilizada e enriquecida, base da fertilidade natural do solo. Para cada estágio de decomposição dos compostos orgânicos há um grupo especializado e predominante de microorganismos.

O resultado da nutrição desses seres é a liberação de gás carbônico (CO₂) e substâncias húmicas, entre elas as formas orgânicas de elementos necessários às plantas, como N, P, K, enxofre (S) e outros micronutrientes. Sem a atividade microbiana, os nutrientes lançados ao solo na forma de fertilizantes não são assimilados pelas plantas, permanecendo estáticos e perdendo-se nos movimentos das águas dos solos.

Os estoques de “alimentos” no solo esgotam-se em alta velocidade, levando a déficits de disponibilidade. Do carbono total presente nos materiais orgânicos, 60% a 85% retornam à atmosfera como gás (CO₂) em até três meses, dependendo da resistência dos materiais à decomposição. Em torno de 15% a 30% do carbono permanecem no solo no primeiro ano, parte em corpos resistentes e parte em novo húmus. Estudos revelam que o metabolismo microbiano é responsável por cerca de 70% do carbono que entra na atmosfera como CO₂.

Historicamente, a agricultura tem contribuído para o aumento dos níveis de CO₂ na atmosfera com cerca de dois terços do carbono dos resíduos orgânicos disponíveis na natureza. O Brasil ainda está calculando a sua contribuição na emissão de poluentes atmosféricos e na formação do efeito estufa. No caso do carbono, a participação brasileira estaria entre 4% e 10% do total mundial e teria como causas principais o desmatamento e alterações no uso da terra, segundo o programa de pesquisas das Nações Unidas sobre mudanças climáticas globais.

Além da redução do volume de matéria orgânica necessário para abastecer flora e fauna microscópicas, outros fatores ajudam a ampliar o déficit de nutrientes no solo. Todos decorrem de erros humanos na adoção e condução de práticas agrícolas, provocados pela falta de informações técnicas e de preparo para a agricultura em clima tropical.

Um dos erros mais freqüentes e mais graves está nas técnicas de aração. Como o oxigênio é consumido junto com a matéria orgânica, quanto mais oxigênio se dá ao solo, mais rápido é o consumo dessa matéria. Portanto, as técnicas de arar e gradear a terra assimiladas dos colonizadores europeus — e destinadas, no “velho continente”, a acelerar o descongelamento do solo após rigorosos invernos — aceleram a atividade microbiana nos solos tropicais, o que aumenta o consumo da matéria

orgânica. Além disso, tornam o solo mais denso, o que facilita o escoamento superficial da água das chuvas, causa da erosão hídrica.

O fenômeno da erosão solar

Para produzir em solos tropicais é necessário aprofundar o conhecimento sobre fatores característicos dessas regiões, como os efeitos do Sol, que a ciência desenvolvida em regiões de clima temperado e frio não considera, ou trata apenas como coadjuvantes das erosões hídrica e eólica.

A avaliação da intensidade dessa radiação sobre os solos tropicais é tão importante para a agricultura que exige uma nova abordagem técnica. Esta pode ser identificada por um conceito específico — erosão solar —, capaz de colocá-la em evidência junto a tantos outros fatores condicionantes da produção tropical, como a erosão pelas águas ou pelos ventos, a correção do teor de alumínio no solo e outros.

Não há como fazer agricultura produtiva e sustentada nos trópicos sem levar em conta a erosão solar. Principal fonte de energia do planeta, a radiação solar varia com a latitude. Na Europa Central, Alemanha e Dinamarca (latitude de 47° a 58° Norte), a intensidade dessa radiação é de 3.349 a 4.186 megajoules por m² (MJ/m²). Na Europa oriental, Bélgica, França e Luxemburgo (latitude de 41°20' a 53°30' N), é de 3.349 a 5.204 MJ/m². No Brasil (latitude de 5° N a 34° S), fica entre 5.024 e 6.699 MJ/m². Portanto, pode ser mais de 50% mais forte que a da Europa central e quase 30% mais intensa que a da Europa oriental, considerando a intensidade máxima.

A variação da latitude altera o grau de exposição das diferentes regiões à luz solar por causa do ângulo de incidência dos raios no solo. Essa incidência é crítica em áreas mais próximas ao Equador, caso das regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte, onde a radiação solar é praticamente o dobro da que incide nos países europeus citados. O Rio Grande do Sul, situado entre 27° e 34° S, após o trópico de Capricórnio, recebe um terço mais de radiação que esses mesmos países.

O ângulo zenital — ângulo entre o zênite local (ponto da esfera celeste perpendicular à superfície local) e a posição do Sol — é o fator que mais influencia a quantidade de energia incidente em uma superfície horizontal. Logo, quanto mais perpendicular à superfície estiver o Sol, maior a quantidade de energia que alcança o solo, o que é positivo em certos aspectos e negativo em outros.

As variações de temperatura do solo, fator estreitamente ligado à radiação, podem ser atenuadas por práticas culturais adequadas. Isso foi comprovado, por exemplo, em estudos realizados em Ponta Grossa (PR): a 3cm de profundidade e sob plantio convencional, o solo passa de 23° C às 8:00 para 43° C às 14:00. Com o plantio direto na palha, nos mesmos horários, a variação é de 19° a 36° C. No caso de cobertura verde, a temperatura fica entre 21° e 25° C.

Técnicos em extensão rural no Sul do país já comprovaram que as folhas do milho tomam a forma de cartuchos quando a temperatura do solo atinge 38° C. Os produtores sabem que a partir das 10:00 as folhas da soja “viram”, as do milho

enrolam-se e as da abóbora murcham, revelando os efeitos da temperatura na área das folhas e na zona das raízes. Essas deformações indicam que o metabolismo das plantas foi afetado e certamente influem na produtividade final da lavoura.

Por outro lado, os sintomas no que se vê (as plantas) indicam impactos no que não se vê (os microrganismos do solo). Estes não resistem mais que algumas horas a temperaturas acima de 40° C. A morte desses organismos ou a paralisação de sua atividade interrompe os ciclos de transformação de minerais em nutrientes para as plantas, com evidentes prejuízos às culturas.

A radiação solar também varia de acordo com as estações do ano: é maior no verão e menor no inverno. No periélio, ponto em que a Terra está mais próxima do Sol, a energia recebida é 7% maior que no afélio, ponto mais distante. Essa energia determina a temperatura ambiente, que exerce forte influência na degradação de compostos orgânicos: quanto mais calor, mais rápida é a decomposição (até certo limite).

A temperatura do solo afeta diretamente o clima da faixa da atmosfera logo acima da superfície. Esse microclima é importante na formação do próprio solo, já que influi em sua aeração, na desintegração do material original, na retenção da água, na movimentação de colóides (substâncias solúveis na água presente nos solos), no metabolismo e desenvolvimento de organismos que passam toda a vida ou parte dela sob a superfície, na germinação das sementes, na atividade funcional das raízes, na velocidade e duração do crescimento das plantas, e ainda na ocorrência e severidade de doenças nas plantas.

A perda das reservas de carbono

A velocidade de decomposição da matéria orgânica no solo pode ser avaliada através do CO₂ liberado no processo. À medida que a temperatura aumenta, até certos níveis, mais gás é desprendido. A liberação de CO₂ em função da temperatura — comprovada em laboratório — e seu arraste para a atmosfera satisfazem plenamente o conceito técnico de erosão, que significa desprendimento e transporte de partículas do solo. É outra razão para que o termo erosão solar seja aceito e incorporado à prática e à pesquisa da agricultura nos trópicos.

De modo geral, a faixa de 30° a 35° C é tida como a de máxima velocidade de decomposição de materiais orgânicos. Nos trópicos brasileiros, a temperatura do verão situa-se nessa

faixa, sugerindo que o consumo de “alimentos” pela atividade microbiana na superfície do solo atinge o máximo e em seguida entra em colapso, pelo excesso de temperatura.

Assim, é possível concluir, em primeiro lugar, que a reserva de matéria orgânica dos solos tropicais, em ecossistemas não-equilibrados (como as culturas agrícolas), tende a se exaurir, pois não há reposição, como nos ambientes intactos. Em segundo lugar, a exaustão das reservas orgânicas ocorre em maior velocidade nos trópicos do que em regiões temperadas e frias.

É preciso “alimentar” os solos

Para manter a atividade biológica nos solos e, com isso, sustentar a produção agrícola em solos tropicais e subtropicais, é essencial repor os estoques de carbono. Assim, é estratégico aproveitar todas as possibilidades de obter e reciclar resíduos orgânicos. Isso inclui o uso de palhadas e restos de lavouras (em plantio direto) e a rotação de culturas, além do emprego de materiais de fora da propriedade (como resíduos da agroindústria) e da integração com a pecuária. Além de diversificar as rendas da propriedade, isso permite alcançar o estágio da economia cíclica, com o aproveitamento de dejetos reciclados da pecuária como insumos na atividade agrícola.

No estado bruto em que são gerados pelos animais, tais dejetos podem ser poluentes. No entanto, submetidos a processos tecnológicos favorecidos pelo calor dos trópicos (vantagem inexplicavelmente subutilizada), como a compostagem, e estabilizados, tornam-se fontes de matéria orgânica, de alto valor estratégico para a agricultura.

Entre os maiores esforços da humanidade está o de gerar alimentos. Para isso, é fundamental a eficiência e a sustentabilidade agrícola, inatingíveis sem que se conheça e respeite as leis naturais, que variam de um lugar para outro. Serve como referência, nesse contexto, a orientação do Instituto de Altos Estudos da Universidade de São Paulo, no sentido de que o Brasil precisa assumir a sua tropicalidade e gerar conhecimentos próprios, para progredir descobrindo as infinitas potencialidades existentes nas relações da sua natureza e, no caso da agricultura, na vida silenciosa dos solos, base do seu progresso.

In: Ciência Hoje, Rio de Janeiro, vol. 25, n° 148, abr/1999.

Nos solos tropicais, expostos às chuvas torrenciais e a uma radiação excessiva, a exposição é antes um problema que um benefício. A excessiva aeração acelera a decomposição da matéria orgânica com a redução de seu teor e de seus benefícios.

O uso de **maquinaria** pesada na preparação do solo pode também redundar em compactação do solo, reduzindo-se a porosidade, que é importante para a difusão da água e do ar e para o crescimento radicular.

Adição de fertilizantes

A reposição dos nutrientes retirados a cada colheita é indispensável. Contudo, da grande quantidade normalmente lançada no solo, apenas uma parcela pode ser aproveitada pelas plantas em crescimento (como no caso das cinzas provenientes da queimada). O que acontece ao excedente? O excedente é carregado pela água da chuva. Os caminhos da água da chuva na terra você já viu na Aula 19, certo? Então você pode imaginar muito nitrogênio e fósforo seguindo esses caminhos. Você também já viu, na Aula 18, o que é a **eutrofização**, e já sabe que ela se refere a uma série de alterações nos corpos de água desencadeadas pela entrada excessiva de nitrogênio e fósforo!

Além disso, estudos têm observado que as plantas crescidas nesse ambiente de grande disponibilidade de nutrientes são, em geral, mais atacadas por insetos!

Precisamos, então, desenvolver sistemas agrícolas em que seja mais eficiente o uso de fertilizantes, implicando, também, a redução da *exportação de problemas ambientais*!

Adição de pesticidas

Os chamados **defensivos agrícolas** são produtos químicos utilizados no combate e prevenção de pragas agrícolas. O objetivo de sua aplicação é o de combater populações de animais ou de fungos, por exemplo, que podem predar ou infectar as plantas, reduzindo a produção.

Também chamados de **agrotóxicos**, esses produtos têm efeitos benéficos na produção imediata, mas podem apresentar efeitos prejudiciais num prazo maior naquele e em outros ecossistemas.

Sabemos que nas populações de organismos que têm rápidos ciclos de vida, há mais chance de que se desenvolvam alterações genéticas que confrim aos indivíduos, e seus descendentes, resistência àquela substância. Além disso, em geral, esses produtos químicos não são degradáveis, isto é, são persistentes. Com isso, um predador, uma ave, por exemplo, que se alimente de vários insetos já contaminados, acumulará quantidades crescentes do produto, o que poderá levá-lo à morte. São ainda produtos de ação indiscriminada, isto é, seu ataque não se restringe ao organismo-alvo que se pretenda controlar, mas afetam vários outros que podem ser importantes até no controle da população-alvo.

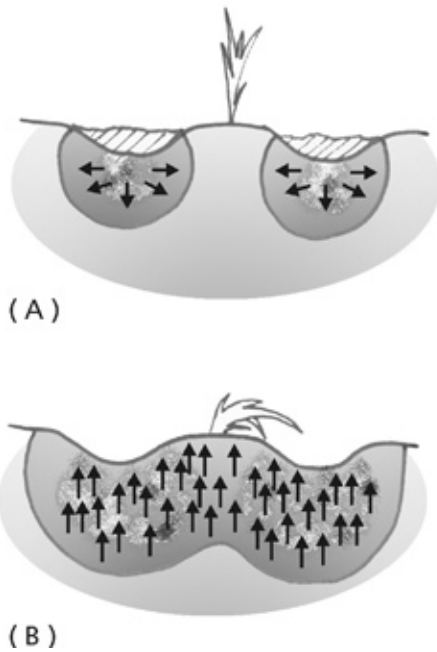
Não podemos deixar de citar os problemas de saúde relacionados não só ao manuseio desses produtos por um agricultor, nem sempre consciente dos riscos e, portanto, nem sempre devidamente protegido, mas também os relacionados ao consumo de alimentos contaminados.

Além de todas essas perturbações, o excedente dos pesticidas seguirá, também, os caminhos da água. Hoje já se detectou, aqui e ali, contaminação inclusive do lençol freático com essas substâncias!

A irrigação

As plantas precisam de água para a realização da fotossíntese, e a irrigação vem suprir essa necessidade. Contudo, o lançamento de água em abundância, além de se constituir necessariamente em um desvio da água que, normalmente, seguiria outros caminhos (ver Aulas 16 e 19), ainda traz o risco de **salinização** do solo. Onde a atmosfera é mais seca, esse excedente hídrico sobe por capilaridade, trazendo sais em solução e se evapora, deixando os sais na superfície do solo. Ao longo do tempo, esse processo leva à salinização, também, uma forma de degradação do solo.

Figura 21.2: O processo de salinização do solo.



GOTEJAMENTO

Na técnica de gotejamento, a água é gotejada proximamente à base da plantinha em crescimento.

Por outro lado, pode haver uma elevação do lençol freático, transformando sistemas terrestres em áreas alagadas, permanentemente ou em épocas do ano.

Novamente, como no caso dos fertilizantes e também no caso dos pesticidas, precisamos encontrar estratégias de maior eficiência no uso da água. No site da Embrapa vemos que uma irrigação racional gasta, pelo menos, 30% a menos de água, evitando um molhamento excessivo do terreno. A irrigação total necessária deve ser entendida como sendo a quantidade de água a ser suprida pela irrigação, para complementar apenas as precipitações efetivas, ou a falta destas. Contudo, é alertado que, em relação aos sistemas de irrigação disponíveis, os que mais economizam energia elétrica e água são também os mais caros. A tecnologia de **GOTEJAMENTO**, por exemplo, é mais dispendiosa que a irrigação por sulco e por aspersão convencional, mas garante um aproveitamento mais eficiente da água.

A eficiência de uso implica redução de desperdícios e redução das interferências do ecossistema agrícola em outros ecossistemas.

A REVOLUÇÃO VERDE

Os sistemas agrícolas desenvolvidos com o uso dessas quatro tecnologias – uso de maquinaria, fertilizantes, pesticidas e irrigação – permitiram um real incremento da produção de alimentos. Isso significou aumento da produção por unidade de superfície envolvida no processo, em vez de um aumento da produção através da mobilização de outras áreas na produção de alimentos, o que ampliaria o desmatamento de *áreas virgens*, ainda não perturbadas.

O desenvolvimento dessas tecnologias, associado ao desenvolvimento científico da época, que contribuiu com o **melhoramento genético**, produzindo-se variedades mais produtivas ou resistentes a insetos ou doenças, tomou forma de promessa de extinção da fome no mundo! Era a **Revolução Verde** que na década de 40, no México, e na década de 70, na Índia, regiões de grande densidade populacional, foi vista como solução para o problema da fome.

Mas, lentamente, deu-se a decepção. Não há dúvidas quanto ao seu potencial no aumento da produção de alimentos que efetivamente se deu. Mas hoje se sabe que a extinção da fome no mundo envolve outras questões, problemas demográficos, econômicos e sociais relacionados à desigualdade da distribuição de renda, fatores de grande importância para o combate à fome mundial.

Acontece que a produção de alimentos, assim realizada, requer alto investimento, que só as pessoas, grupos ou nações caracterizadas como mais desenvolvidas, isto é, com mais recursos financeiros, podem atingir. Este tipo de produção está, também, em função de seus custos, associado aos grandes proprietários que concentram terras e dispensam trabalhadores manuais. Seguem-se problemas de desemprego e migração.

Enfim, este **sistema agroquímico** de produção envolve custos financeiros, sociais e ambientais. Por isso, Urquiaga e outros (1999) apontaram para “a necessidade de uma revolução mais verde”.

O que fazer?

OBJETIVANDO A REDUÇÃO DAS ENTRADAS E SAÍDAS DE ENERGIA E MATERIAIS

Como podemos reduzir as entradas de energia e materiais, no que chamamos de insumos ou subsídios necessários à manutenção de ecossistema, com essa estrutura e funcionamento tão simplificados?

Vamos, reflita um instantinho!

Reduzir-se as entradas significará tornar nossos sistemas agrícolas mais independentes ou auto-suficientes, como os *ecossistemas naturais*.

Melhoramento genético
Produce, a partir de cruzamentos seletivos, variedades ou cultivares com características desejadas, como maior produtividade, maior teor de proteína, resistência à seca, resistência a insetos ou doenças etc.
Hoje, os mesmos objetivos podem ser alcançados pela **biotecnologia** que produz os **Organismos Geneticamente Modificados (OGM)**, os **transgênicos**. O conhecimento dos efeitos ambientais e na saúde do cultivo e uso na alimentação dos transgênicos ainda demanda pesquisa.
Mas dê uma olhada na Aula 23.

Vamos imitar os *sistemas ecológicos terrestres naturais*! Se eles podem, a grosso modo, funcionar apenas com a entrada da chuva, ar atmosférico e da energia radiante, vamos aprender com eles!

Alternativas à necessidade de pesticidas

As pragas são populações que se proliferaram sem controle, já que encontraram abundância de alimentos. Então, há dois pontos dessa cadeia alimentar através dos quais podemos evitá-las ou combatê-las.

Um ponto seria reduzindo a oferta de um só tipo de alimento para o animal (estamos pensando em um inseto, por exemplo). Nisso reside uma das problemáticas da **monocultura**. Quanto mais aumentarmos a **diversidade específica** ao nível do produtor primário, melhor. Você já ouviu falar da rotação de cultura, ou do cultivo consorciado? Na **rotação de cultura** há uma *alternância temporal* de diferentes espécies vegetais cultivadas. Assim, essas diferentes espécies, além de diversificarem as exigências em relação aos **RECURSOS EDÁFICOS**, reduzindo-se seu esgotamento, não vão estimular o desenvolvimento da população de um inseto que seria beneficiado pela oferta contínua de um alimento especial. Já o **cultivo consorciado** *alterna no espaço* as diferentes espécies vegetais: uma fileira plantada de uma espécie, intercalada com uma fileira da outra e assim por diante, traz as mesmas vantagens!

Já que estamos falando da associação entre culturas diferentes, é boa hora para introduzir-se a proposta da **agrossilvicultura** em que a associação, no tempo e/ou espaço, se faz com a inclusão de uma planta lenhosa perene, que oferece a vantagem suplementar de sua presença permanente na cobertura e proteção do solo.

Outro ponto da cadeia alimentar, que podemos manejar, diz respeito aos que podem atuar como predadores ou doenças do inseto-praga. O **controle biológico** utiliza-se de inimigos naturais para reduzir a população de um organismo prejudicial, abaixo do nível econômico de dano. Esses inimigos naturais podem ser predadores, parasitas e **PATÓGENOS**. Há, ainda, a proposta do **controle integrado** para combate aos insetos-praga, através da integração de agentes químicos e biológicos compatíveis.

EDÁFICO

Pertencente ou relativo ao solo.

PATOGÊNICO

Capaz de produzir doenças.

Reduzindo a necessidade de fertilizantes

A constante retirada (exportação) de nutrientes desse ecossistema, característica que lhe é inerente, implica a necessidade de reposição de alguma quantidade de fertilizantes. Contudo, essa necessidade pode ser bastante reduzida, se aumentarmos a eficiência do sistema (novamente a receita recomendando aumento da eficiência!) no aproveitamento de sua própria produção orgânica. Reutilizar restos de cultura, em vez de retirá-los, pode ser de grande utilidade.

Você já ouviu falar da **adubação verde**? É um procedimento que se utiliza da capacidade biológica das leguminosas fixarem nitrogênio da atmosfera, a partir de sua **ASSOCIAÇÃO SIMBIÓTICA** com bactérias do gênero *Rhizobium* que se alojam em suas raízes formando nódulos. É a **Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)**, uma forma natural de se promover a entrada de nitrogênio no solo. O nitrogênio, fazendo parte das proteínas, é elemento necessário em grande quantidade. Pode-se, por exemplo, plantar-se uma leguminosa, alternadamente, com a planta de interesse. A leguminosa será posteriormente enterrada e enriquecerá o solo.

SIMBIOSE

Associação entre dois organismos, na qual ambos recebem benefícios.



Figura 21.3: Sistema de produção agropecuária. A saúde do sistema edáfico é mantida.

É comum o aproveitamento do estrume animal trabalhado na compostagem. O aproveitamento do esterco animal fecha um circuito de produção na propriedade rural que significará um aumento de sua eficiência. Você cria animais e com seu produto aduba o solo. O cultivo de **FORRAGEIRAS**, assim incrementado, servirá à alimentação animal.

FORRAGEM

Qualquer planta ou grão para alimentação do gado.

A **agricultura integrada** através de **sistemas mistos agropecuários** significa o aproveitamento de subprodutos e subsequente reciclagem.

Esses procedimentos, em síntese, correspondem a garantir que haja um retorno da **matéria orgânica** ao solo. Além dos benefícios relacionados ao papel do húmus, a decomposição desse material irá retornar nutrientes ao solo. E isso se dará de forma gradativa, na medida da própria necessidade. Os restos culturais, além disso, serão importantes no sentido da **proteção da superfície do solo** que, de outra forma, estaria exposto à radiação e ao impacto das gotas de chuva.

Através do retorno da matéria orgânica ao solo, estamos buscando imitar os sistemas *naturais* que realizam a ciclagem de seus nutrientes. Tornando mais fechado o ciclo dos materiais no sistema agrícola, estamos reduzindo as necessidades de mais entradas (*inputs*) e, ao mesmo tempo, estamos reduzindo as perdas, isto é, as saídas de, por exemplo, nitrogênio e fósforo, que vão interferir nos outros ecossistemas. Estamos reduzindo a exportação de problemas ambientais!



Cuidar para que nossos **ciclos sejam mais fechados** é um procedimento-chave para melhorar a **sustentabilidade** de nossos sistemas na Terra!

Reduzindo a saída de sedimentos

Não sei se este título lhe trouxe a idéia do que estamos falando. Estamos falando da **erosão**! A perda de solos pela erosão acelerada é um dos mais importantes problemas ambientais atuais e está intimamente associada ao avanço da agricultura. Este tema já foi tratado em outras Aulas, como 16 e 19.

Mas aqui, vou só chamar a atenção para dois fatores dos sistemas agrícolas que, particularmente, devem estar na base de sua relação com a aceleração da erosão e devem, portanto, ser evitados. Trata-se da prática de se deixar o solo desnudo, sem cobertura vegetal viva ou morta (como serrapilheira, ou palha) que o proteja do impacto da gota de chuva. E da carência da matéria orgânica do solo, e, conseqüentemente, de seus efeitos benéficos nas condições físicas do solo, relacionadas a sua estrutura e porosidade, e à resistência ao impacto da gota de chuva.

Como esses dois pontos já têm sido aqui tratados, resta sabermos de outras estratégias para reduzir a erosão. Mas isso você verá na aula sobre medidas de conservação do meio ambiente (25).

O Plantio Direto e a Agricultura Orgânica

O **Plantio Direto** ou Cultivo Mínimo, que tem tido uso crescente no Brasil, constitui uma alternativa ao uso de *mecanização*. É a semeadura, na qual a semente é colocada no solo não revolvido (sem prévia aração nem **GRADAGEM**), abrindo-se apenas um pequeno sulco ou cova. São mantidos os restos das culturas comerciais (ex.: trigo, milho) ou adubos verdes (ex.: aveia, milheto) na superfície do solo, o que é importantíssimo para o sucesso do plantio direto. A presença da palha, além de oferecer proteção ao solo, o sombreia, diminuindo o surgimento das ervas daninhas. Entretanto, já que não se usa o arado, que seria responsável pela destruição de ervas daninhas, há, sobretudo nas fases iniciais, necessidade de aplicação de herbicidas.

A **Agricultura Orgânica** é uma expressão genérica que se relaciona com o que vimos até agora. É um sistema de gerenciamento da produção agrícola com vistas a promover e realçar a saúde do meio ambiente, preservar a biodiversidade, os ciclos e as atividades biológicas do solo. Enfatiza o uso de práticas de manejo em oposição ao uso de elementos estranhos ao meio rural. Exclui a adoção de substâncias químicas ou outros materiais sintéticos que desempenhem no solo funções estranhas às desempenhadas pelo ecossistema. Na agricultura orgânica pode haver aeração por tração animal.

GRADE

Instrumento de madeira ou de metal, de formas diferentes, para esterrear (desfazer os torrões, porções de terra compacta, endurecida) e aplanar a terra lavrada.

A pastagem

Permita-me alongar um pouco mais esse texto, para incluir alguma coisa geral sobre o manejo de pastagens. Afinal esse uso da terra tem grande importância no Estado do Rio de Janeiro, talvez até próximo a você. Lamentavelmente, esse uso da terra também tem sido associado a processos de degradação do solo, particularmente à erosão.

Os problemas basicamente são decorrentes do superpastoreio. O excesso de gado contribui, através do **pisoteio**, à **compactação do solo** que, assim, perde sua capacidade de receber e estocar a água da chuva. Se a infiltração é desfavorecida, o escoamento superficial é favorecido

e, com ele, a erosão. Você já deve ter visto, nas colinas suaves do relevo da nossa região Sudeste, campos em que aparecem riscos horizontais acompanhando as curvas de nível. São pequenos patamares, criados a partir do constante caminhar do gado por trilhas nesse sentido e nos transferem mesmo uma imagem visual de compactação do substrato.

O excesso de gado em relação à capacidade de suporte da área leva à degradação da cobertura vegetal, protetora do terreno. Novamente são favorecidos os processos erosivos associados à exposição do solo.

O pesquisador da Embrapa, Armindo Kichel, no Banco de Notícias (www.embrapa.br), falando sobre a degradação de pastagens, indica que “a principal atitude é não degradar. Ajustar a carga animal, não abaixar demais a pastagem, fazer adubação de manutenção e preparo total do solo, além de usar forrageiras adequadas”.

UM NOVO MODELO PARA A AGRICULTURA

Na leitura desse texto, creio que você já pode ter listado técnicas de manejo que signifiquem alternativas aos procedimentos ligados à **agricultura industrializada**, que é aquele modelo de sistema excessivamente aberto, dependente das entradas em grande quantidade e gerador de saídas prejudiciais.

Você já deve ter percebido que a chave de um novo modelo para a agricultura é **fechar mais os ciclos** e utilizar a própria **atividade biológica do solo**. Manter o solo saudável, através da reposição contínua de matéria orgânica, que vai ser base para as cadeias alimentares do solo e para a **reciclagem** desses materiais.

O **manejo biológico do solo** significa aumentar a **fertilidade** através da manipulação da atividade biológica do solo. Inclui a escolha adequada das plantas cultivadas, o uso da Fixação Biológica de Nitrogênio, através do plantio de leguminosas inoculadas com *Rhizobium* e o uso da inoculação com **MICORRIZAS**. Pode lançar mão, também, de microorganismos que tenham ação antagônica a patógenos, como *Pseudomonas* e *Bacillus*.

MICORRIZA

Associação usualmente mutualística entre certos grupos de fungos e raízes de plantas superiores. Ocorre na maioria das espécies vegetais superiores e são úteis ao aumentar a superfície de absorção do sistema radicular e, particularmente, ao aumentar a eficiência de absorção de fósforo do solo.

A escolha adequada de plantas implica cultivar espécies ou variedades adaptadas aos estresses nutricionais. Se o solo é ácido e pobre em elementos minerais, em vez de querer transformá-lo, radicalmente, para sustentar plantas exigentes, um adequado manejo pode passar pela opção de se cultivar uma planta que se adapte a essas condições. Se o solo é arenoso e retém pouca água, a escolha adequada da planta resistente a essa condição pode ser a melhor – e mais econômica – opção.

A proposta de um novo modelo para o manejo agrícola do solo pretende substituir o **manejo ambiental**, em que o ambiente físico-químico do solo é visto como o principal regulador da produção agrícola, induzindo a práticas como aração, irrigação, fertilizantes etc., pelo **manejo biológico**. Pretende aumentar a produção agrícola, enriquecendo a atividade biológica do solo e otimizando a ciclagem de nutrientes para minimizar as entradas (*inputs*) externas e maximizar a **eficiência** de seu uso.

Dessa forma podemos chegar mais próximos de uma condição de auto-sustentação sem degradação do recurso. A perspectiva de que o solo é dependente da vegetação, e a vegetação é dependente do solo, isto é, a perspectiva de que a vegetação e o solo constituem um **sistema solo-planta** é importante para a **conservação** de sua produtividade. A matéria orgânica e a reciclagem, através da decomposição, são *elemento e função* essenciais nesse sistema solo-planta, e, assim, estão na base dessa nova perspectiva da agricultura. A **sustentabilidade** requer a manutenção da estrutura e funções do ecossistema solo.



Agricultura alternativa (ou Agricultura Ecológica)

“Métodos agrícolas que incorporam técnicas conservadoras de energia e matéria, refletindo processos ecológicos em sistemas naturais e aproveitando da economia da natureza, inclusive populações locais de microorganismos, parasitas e predadores; normalmente dispensa uso de insumos químicos ou mecanização, buscando conservação do solo e da sua macro e microfauna e microflora; policulturas adaptadas à vocação do solo e às condições climáticas locais; controle biológico de pragas e de plantas invasoras, e produtividade condizente com a manutenção do equilíbrio natural do sistema.” Aciesp, 1987.

Leia com atenção e analise essa definição retirada do *Glossário de Ecologia*.

RESUMO

A estrutura dos sistemas agrícolas é bastante simplificada com pequena diversidade de espécies. Tais sistemas agrícolas em geral funcionam com ciclos de materiais bastante abertos. A continuidade desse ecossistema bastante instável depende de contínuas e volumosas entradas de energia e materiais. Assim, são geradas contínuas e volumosas saídas que interferem nos outros ecossistemas, como nos processos de erosão e assoreamento, de eutrofização, ou ainda a contaminação dos lençóis subterrâneos com pesticidas.

Assim, vimos que os atuais **sistemas agroquímicos**, embora sejam de alta produtividade, não são sustentáveis e são geradores de impactos negativos. Vimos técnicas, práticas e sistemas de manejo alternativos que permitem maior *eficiência* de uso da água e de fertilizantes, com redução de desperdícios e das entradas e saídas de energia e materiais e, conseqüentemente, redução das interferências do ecossistema agrícola em outros ecossistemas. Em síntese, as alternativas correspondem à preservação máxima possível de **componentes** (populações, matéria orgânica, cobertura do solo) e, principalmente, processos ecológicos dos sistemas naturais (***decomposição e reciclagem de materiais!***), conferindo maior SUSTENTABILIDADE aos sistemas agrícolas, mantendo-os mais próximos da *estabilidade* de um *equilíbrio dinâmico*.

EXERCÍCIOS

- 1) Por que dizemos que os sistemas agrícolas têm ciclos excessivamente abertos?
- 2) Que saídas, principalmente, ocorrem nesses sistemas convencionais? Que sistemas são afetados por essas saídas?
- 3) No início do texto nos referimos à necessidade de controle de insetos para que não acabem com as plantas. Reflita: por que não propusemos a extinção local destes insetos?
- 4) Quais as desvantagens da prática da queimada?
- 5) Como é a estrutura dos sistemas agrícolas convencionais e os sistemas agrícolas alternativos em relação à questão da diversidade de espécies?
- 6) Que práticas são sugeridas para o aumento da variedade dos produtores primários?
- 7) Como podemos reduzir a necessidade de entradas de fertilizantes?
- 8) Falando de uma forma generalizada, como podemos conseguir a redução das entradas e saídas de energia e materiais e, com isso, maior sustentabilidade do ecossistema agrícola?

Desequilíbrios ecológicos 4 – Estudo de caso: o Lago Batata

AULA

22

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Caracterizar um ecossistema aquático tropical – seus principais compartimentos e componentes e seu funcionamento (sua dinâmica sazonal, fluxo de energia e ciclagem de materiais).
- Compreender como o estado de equilíbrio dinâmico de um ecossistema estável pode incluir ritmos regulares, isto é, pode envolver a ocorrência periódica de grandes mudanças no meio e em suas comunidades.
- Verificar que o impacto em um ecossistema nem sempre se dá por interferência direta nos organismos, podendo se dar também através de alteração do meio físico (habitat) ou através da redução/alteração dos recursos energéticos ou nutricionais disponíveis.
- Verificar como uma alteração inicial em um ecossistema pode se propagar através das cadeias alimentares.
- Constatar que a recuperação de áreas impactadas é possível.

INTRODUÇÃO

BAUXITA

É a principal matéria-prima utilizada na produção de alumina (Al_2O_3) e do alumínio} metálico.

HISTÓRICO

Em agosto de 1979, no Estado do Pará, iniciaram-se as operações comerciais da Mineração Rio do Norte S.A. (MRN) com a extração de **BAUXITA** em Porto Trombetas. Com as operações de lavra, a argila proveniente da lavagem da **BAUXITA** com água do rio Trombetas foi lançada no Lago Batata, produzindo uma série de impactos negativos. Em 1989, a MRN eliminou o lançamento de argila no Lago Batata, mas já em 1987, a MRN buscava, com a participação de uma equipe de cientistas, pesquisas que visavam à recuperação do Lago Batata. Dessa experiência, surgiu o livro sobre o impacto e recuperação desse ecossistema amazônico editado por Bozelli *et al.* (2000), no qual vários autores relatam os resultados de suas pesquisas. Um artigo, também de Bozelli e outros, publicado na *Ciência Hoje* de 1990, resumiu o observado até então. Nesses textos nos inspiramos para passar um pouco do conhecimento assim gerado para você. É a descrição de um trabalho científico.

A PESQUISA

MITIGAR

Diminuir, atenuar
(Aurélio – 3.0)

Formular propostas de recuperação de um ecossistema, ou de **MITIGAÇÃO** do impacto sofrido, requer que se conheça o impacto ecológico ao qual ele foi submetido. O diagnóstico do impacto ecológico, por sua vez, requer o conhecimento da estrutura e da dinâmica do ecossistema anteriormente à intervenção realizada. Assim, poderemos saber em que (quais componentes) e como o ecossistema mudou.

No caso do Lago Batata, a dinâmica desse tipo de ecossistema tropical era pouco conhecida e o impacto ecológico resultante do lançamento do rejeito de bauxita em áreas alagáveis era um caso inédito. A ausência de estudos prévios no local impunha dificuldades no estabelecimento dos padrões do ecossistema que servissem de guia como objetivos a serem perseguidos nas atividades de recuperação.

Na ausência de modelo a ser seguido, a alternativa foi comparar áreas afetadas e não afetadas dentro do lago. Outra proposta foi a de se usar, para esse fim, o Lago Mussurá, localizado na margem esquerda do rio Trombetas. Contudo, o andamento do trabalho mostrou que esse lago não era adequado para ser utilizado como padrão em relação às características do Lago Batata.

Foi estabelecida, em 1988, uma rede de estações de amostragem localizada nas áreas impactadas e naquelas não impactadas no Lago Batata e no rio Trombetas. Nas estações foram levantados, trimestralmente, dados sobre uma série de variáveis abióticas e bióticas, usualmente utilizadas em estudos de impacto por despejos de produtos ou de materiais orgânicos em ecossistemas aquáticos. Algumas delas, que costumam ser importantes nesses estudos, como a concentração de oxigênio dissolvido e a alcalinidade, mostraram poucas alterações relacionadas àquele impacto. Em contrapartida, outras variáveis mostraram refletir, grandemente, a influência do lançamento do rejeito, como a transparência da coluna d'água. Aos poucos, o impacto foi sendo compreendido e caracterizado.

A complexidade do sistema, que, como será visto mais adiante, tem uma dinâmica sazonal bem marcada (por isso a importância das análises e coletas trimestrais), e o ineditismo do impacto trouxeram dificuldades. Mas estas foram, pouco a pouco, superadas e hoje temos novos conhecimentos disponíveis.

O SISTEMA – ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO

O Lago Batata é um lago marginal ao rio Trombetas, um rio de **ÁGUAS CLARAS**, afluente da margem esquerda do rio Amazonas (Figura 22.1). Ele participa de um sistema **RIO/PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO** caracterizado por acentuada variação sazonal do nível d'água, acompanhando a sazonalidade da precipitação na bacia do rio. Há quatro fases hidrológicas distintas: enchente, cheia, vazante e seca. Entre as duas fases mais diferenciadas, a cheia e a seca, a variação do nível d'água do Trombetas chega a mais de seis metros. Isso ocasiona profundas alterações no meio abiótico do lago, o que, por sua vez, promove acentuadas mudanças na estrutura das comunidades aquáticas vegetais e animais. Nas cheias, as águas inundam uma vasta área entre o rio e o lago, aumentando a comunicação entre esses ecossistemas aquáticos da planície, intensificando-se a interação entre eles e entre esses ecossistemas e as diferentes formações florestais circundantes. Ocorre, então, intensa troca de energia, representada, principalmente, pelos estoques de material orgânico dissolvido e particulado.

ÁGUAS CLARAS

São pobres em partículas em suspensão e em nutrientes e, conseqüentemente, suas águas são mais transparentes.

PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO (VÁRZEA)

A planície de inundação é a faixa do vale fluvial composta de sedimentos aluviais, bordejando o curso de água, e periodicamente inundada (por ocasião das cheias).

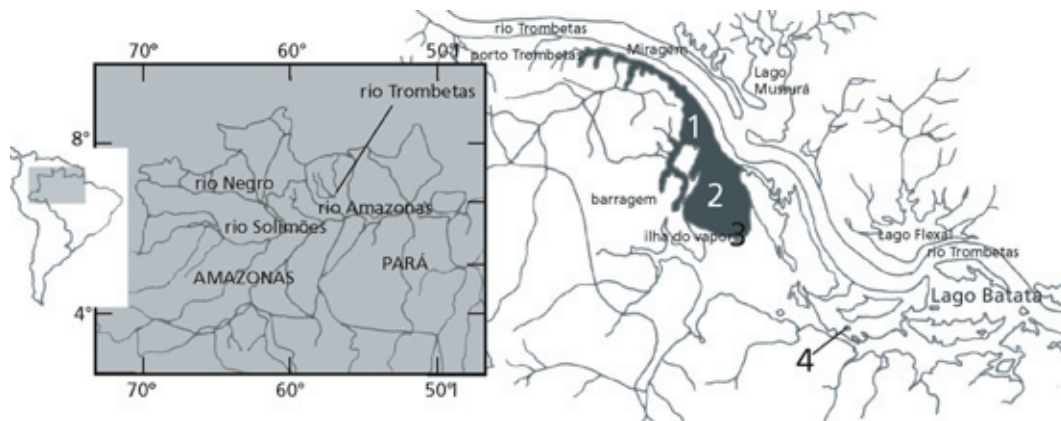


Figura 22.1: Localização e mapa do Lago Batata; em escuro, a área afetada pelo efluente; com indicação das quatro estações de coleta de amostras implantadas para o estudo dos efeitos do lançamento. (Fonte: Esteves *et al.*, 1990.)

SERRAPILHEIRA

Material vegetal caído no solo da floresta.

MACRÓFITAS AQUÁTICAS

Denominação que caracteriza “vegetais que habitam desde brejos até ambientes verdadeiramente aquáticos”, sendo uma denominação genérica independente de aspectos taxonômicos” (Esteves, 1998, p. 308).

Segundo Esteves *et al.* (1990), a interação lago/floresta é de grande importância para a elevada produtividade dos lagos amazônicos. “Nos períodos de cheias, eles recebem considerável aporte não só de nutrientes, que são utilizados na produção primária do fitoplâncton, como também de energia, na forma de produtos da floresta – frutos, sementes e **SERRAPILHEIRA** – que são importante fonte alimentar para os peixes. É nas cheias, aliás, que os peixes da região têm seu período de engorda” (Esteves *et al.*, 1990, p. 32).

O ecossistema lago é caracterizado por ter dois compartimentos principais: a coluna d’água e os sedimentos. Então, fizeram parte dos estudos realizados não apenas as comunidades associadas a esses compartimentos, mas também a vegetação circundante.

Nesse sistema, a *produção primária* fica a cargo de algas planctônicas – o **FITOPLÂNTON** – e de **MACRÓFITAS AQUÁTICAS**. O fitoplâncton é, normalmente, de maior importância nos sistemas de águas claras, onde é baixa a turbidez da água e mais livre a passagem de luz. Mas a fonte primária de energia nas cadeias alimentares pode ser também derivada da matéria orgânica oriunda da floresta marginal.

Na coluna d'água, o fitoplâncton, bactérias e matéria orgânica detrital alimentam o **ZOOPLÂNCTON**. O zooplâncton, segundo Bozelli (2000, p. 121), corresponde a “um conjunto de organismos de reduzido tamanho ($\sim 0,05$ a $\sim 3,00$ mm), pertencentes a diversos grupos ecológicos e que têm a característica comum de habitar a coluna d'água”. Inclui protozoários, rotíferos, cladóceros e copépodes, bem como algumas larvas de insetos. Ingerindo algas, o zooplâncton pode influenciar a composição e a densidade destas. Mas Bozelli (2000, p. 122) aponta que a importância básica desse grupo em um ecossistema aquático reside no fato de atuar como elemento de ligação entre cadeias alimentares. Ingerindo bactérias, algas e detritos orgânicos, repassam essa energia que se torna disponível para organismos maiores, como peixes, ao serem predados.

No *substrato*, consumidores primários e secundários fazem parte dos **macroinvertebrados bentônicos**. Nesse grupo, predominam larvas de insetos aquáticos, anelídeos, moluscos, crustáceos e nematódeos, que ficam retidos em malhas maiores que 200-500 μ m de diâmetro de poros nas redes de coleta.

Assim como em um ecossistema terrestre florestal, também nos ecossistemas aquáticos, os **microorganismos** têm papel substancial e algumas vezes dominante no fluxo de energia e na ciclagem de matéria, particularmente ao atuar na **decomposição** da matéria orgânica.

PLÂNCTON

“Comunidade de pequenos animais (zooplâncton) e microalgas e protistas (fitoplâncton) que vivem em suspensão nas águas doces, salobras e marinhas.”
(Aurélio - 3.0)
“Comunidade de organismos microscópicos (...) tanto autótrofos como heterótrofos, que vivem em suspensão, flutuando livremente ou com movimentos fracos, sendo arrastados passivamente pelas correntezas.”
(Aciesp, 1987).

BENTOS

“Conjunto de organismos associados com o fundo de um corpo d'água.”
(Aciesp, 1987).

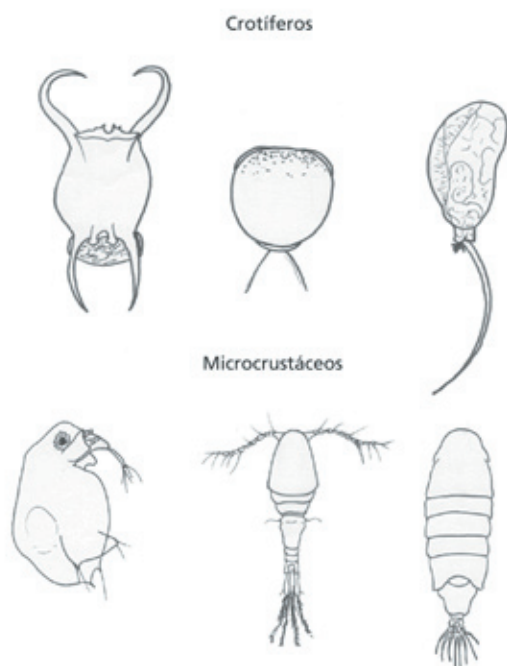


Figura 22.2:
Alguns constituintes
do zooplâncton
(Fonte: Bozelli, 2000).

Na coluna d'água, o **material particulado em suspensão** é constituído, segundo Ferrão-Filho (2000, p. 181), “de uma parte viva, na qual incluem-se o fitoplâncton, o zooplâncton e outros microorganismos como bactérias, fungos, flagelados e ciliados, e de uma parte inanimada, que é composta pelos detritos orgânicos e partículas inorgânicas em suspensão”. O conjunto desses elementos pode ser visto como um componente do sistema, o *séston*.

Quadro 22.1: Ressuspensão do sedimento.

Enquanto a sedimentação das partículas suspensas pela ação da gravidade as retira da coluna d'água, ventos fortes que revolvem até a parte superficial do sedimento novamente as colocam em suspensão. “A **ressuspensão do sedimento** é (...) importante componente na dinâmica do séston, principalmente em lagos rasos” (Ferrão-Filho, 2000, p. 181). Na cidade do Rio de Janeiro, este fenômeno eventualmente ocorre na Lagoa Rodrigo de Freitas, gerando uma seqüência de processos que podem culminar em grande mortandade de peixes.

A quantidade de séston presente em determinado instante pode ser aumentada, por exemplo, a partir da **ressuspensão do sedimento**, mas também reduzida, entre outros processos de perda, pela sedimentação. A sedimentação de matéria orgânica particulada, segundo Ferrão-Filho (2000, p. 181), desempenha um importante papel no metabolismo dos ecossistemas aquáticos, acoplando as cadeias alimentares planctônicas e bentônicas.

Quadro 22.2: Cadeias alimentares.

Sobre cadeias alimentares, você viu que:

- Nesse sistema, a base das cadeias alimentares pode ser constituída não só pelos produtores primários do ecossistema fitoplâncton e macrófitas aquáticas mas também pela matéria orgânica oriunda da floresta marginal.
- O zooplâncton atua como elemento de ligação entre cadeias alimentares.
- A sedimentação de matéria orgânica particulada acopla as cadeias alimentares planctônicas e bentônicas.

Em geral, classificamos as cadeias alimentares em dois tipos: pastoreio e detritos.

* Na **cadeia de pastoreio** ou de **pastagem**, “as principais rotas tróficas envolvem o consumo de matéria vegetal viva pelos herbívoros”. (Pinto-Coelho, 2000, p. 148)
Ex.: fitoplâncton → zooplâncton → peixes.

* Na **cadeia de detritos**, “a principal rota trófica está ligada ao consumo de restos vegetais mortos pelos detritívoros”. (Pinto-Coelho, 2000, p. 148)
Ex.: macrófitas → detritos → detritívoros (insetos, moluscos, fungos etc.); ou
Árvores → serrapilheira → organismos detritívoros do solo (insetos, ácaros, anelídeos, nematóides etc.) → microorganismos.

Nos ecossistemas terrestres, há uma divisão mais nítida entre estes tipos de cadeias, pois as comunidades do solo, responsáveis pela decomposição, vivem predominantemente a partir dos detritos vegetais.

Mas a verdade é que, na natureza, as relações tróficas são mais complexas, ocorrendo vários entrelaçamentos ou acoplamentos entre as cadeias, o que leva à constituição das **teias alimentares**.

A **ictiofauna**, representando a comunidade de **peixes**, foi também estudada e os resultados foram relatados por Caramaschi *et al.* (2000). A variação do nível das águas determina, para a biota, expansões e retrações periódicas do *habitat*, e os peixes, como bons nadadores, deslocam-se acompanhando esta dinâmica. Foram detectados predadores dos peixes como o boto cor-de-rosa ou vermelho, piranhas, jacarés-tinga e jacarés-açu.

Segundo Esteves (2000, p. 9), “pode-se diferenciar no Lago Batata duas regiões distintas: uma região permanentemente inundada e uma região alagável, as quais estão periodicamente interligadas durante o período de águas altas”. Nesta área alagável, desenvolve-se uma vegetação arbórea chamada **vegetação de igapó** ou apenas **igapó**, constituída por espécies que suportam um período de inundação caracterizado pela dificuldade de obtenção do oxigênio.

O IMPACTO

Durante quase dez anos, a lavagem do minério (a bauxita) para a remoção das argilas produziu um efluente com 6 a 9% de carga sólida em suspensão, composto quase só de argilas muito finas, com elevadas concentrações de silicato, alumínio e ferro (Esteves *et al.*, 1990). Cerca de 30% da área do Lago Batata foi assoreada com o rejeito, constituindo uma camada que, em certas áreas, atinge até três metros de rejeito acima do sedimento natural (Ferrão-Filho, 2000, p. 198).

De acordo com os dados obtidos nas estações amostradas, as observações realizadas para os principais componentes do sistema foram as que apresentamos a seguir:

Material particulado em suspensão

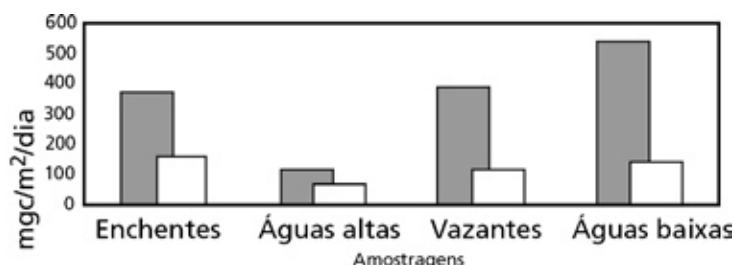
Os valores de *concentração* do material em suspensão, diferentes entre a estação onde houve o máximo impacto e aquela não impactada, mostrou que essa variável se altera sob o efeito do efluente. Apesar de as argilas do rejeito da bauxita sedimentarem de maneira relativamente rápida, ocorrem fenômenos de ressuspensão de sedimentos quando ventos fortes revolvem toda a coluna d'água, particularmente nas partes mais rasas. Com a ressuspensão, aumenta subitamente a concentração de material particulado na coluna d'água, acentuando as diferenças entre aquelas estações extremas.

Houve também diferenças na *composição* do material em suspensão nas duas áreas. Na área impactada, predominavam argilas sem nenhum valor energético, provenientes do rejeito de bauxita; na área natural, houve abundância de material orgânico (detritos vegetais e fitoplâncton), de grande importância na dinâmica do ecossistema por sua participação no fluxo de energia e na ciclagem de nutrientes.

Fitoplâncton

A ressuspensão do sedimento tem, como consequência, a redução da transparência da água, e isso, por sua vez, se refletirá na redução da *produtividade* do fitoplâncton que depende da luz para realizar a fotossíntese (Quadro 22.3). Foi também observado que o efluente não afeta igualmente a todos os organismos do plâncton. A *densidade* de alguns grupos é mais acentuadamente reduzida do que a de outros, gerando-se, assim, alterações na própria estrutura desta comunidade.

Quadro 22.3: Produção primária fitoplanctônica ($\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$) na área natural e impactada do Lago Batata (1991-1992). Modificado de Roland (1995). Fonte: Bozelli *et al.*, 2000, p. 305.



Observe:

- O eixo vertical marca a taxa ou a velocidade do processo fotossintético, já que as unidades se referem à quantidade de mg de carbono fixado na unidade de tempo (dia).
- As amostragens cobriram as quatro fases hidrológicas do sistema e os resultados se diferenciaram conforme as fases.
- Mas em todas as amostragens, a produção primária fitoplanctônica foi menor na área impactada em relação à área natural.

Assim, como resumiu Huszar (2000, p. 100), o aumento na turbidez da água levou à redução em vários atributos da comunidade fitoplanctônica: *densidade, biomassa, diversidade e riqueza de espécies* (número de espécies). Além disso, esta autora encontrou também, como possível efeito do rejeito de bauxita no fitoplâncton, um aumento na *taxa de sedimentação* dos organismos.

Essa redução quantitativa do fitoplâncton responde, em parte, às diferenças na composição do material particulado em suspensão que já foram citadas.

Zooplâncton

A ressuspensão das argilas afeta, também, o zooplâncton, já que as argilas obstruem a respiração desses organismos, além de interferirem na qualidade do alimento que estes ingerem. Assim, nos primeiros anos de estudo, foi observado o efeito da redução na densidade do zooplâncton nas áreas impactadas. Contudo, Bozelli (2000, p. 136) apontou que não eram encontradas as diferenças na *densidade* do zooplâncton entre as estações amostrais nos períodos de águas altas, fato explicado pela diluição em maior volume de água, pelas correntezas presentes que produziam uma homogeneização geral dos ambientes e subsistemas e pela predação por peixes planctófagos (Esteves, 1990, pp. 31-32).

Comunidade bentônica

A deposição de sucessivas camadas de argila altera drasticamente o *habitat* dos organismos bentônicos. O novo sedimento é constituído por um grão (argila) de tamanho menor do que o anterior, alterando a disponibilidade de *micro-habitats*, alimentos e proteção da correnteza e/ou de predadores. Assim, altera-se a *distribuição* e *abundância* dos organismos macrobentônicos, expressa por uma redução em sua *densidade* nas áreas impactadas. O novo sedimento formado pelo efluente é pouco propício à colonização por organismos bentônicos que têm, então, uma grande redução da área disponível.

Ictiofauna

Os dados encontrados por Caramaschi *et al.* (2000) indicam que as alterações provocadas pela deposição do efluente no lago são desfavoráveis para a maior parte dos grupos de peixes capturados. A maior parte da captura realizada no trabalho de amostragem se deu, preferencialmente, nas áreas menos afetadas pelo rejeito. Em geral, pode-se falar, então, de um *efeito empobrecedor* do rejeito de bauxita na estrutura da comunidade do lago. Contudo, algumas espécies ficam favorecidas na área impactada.

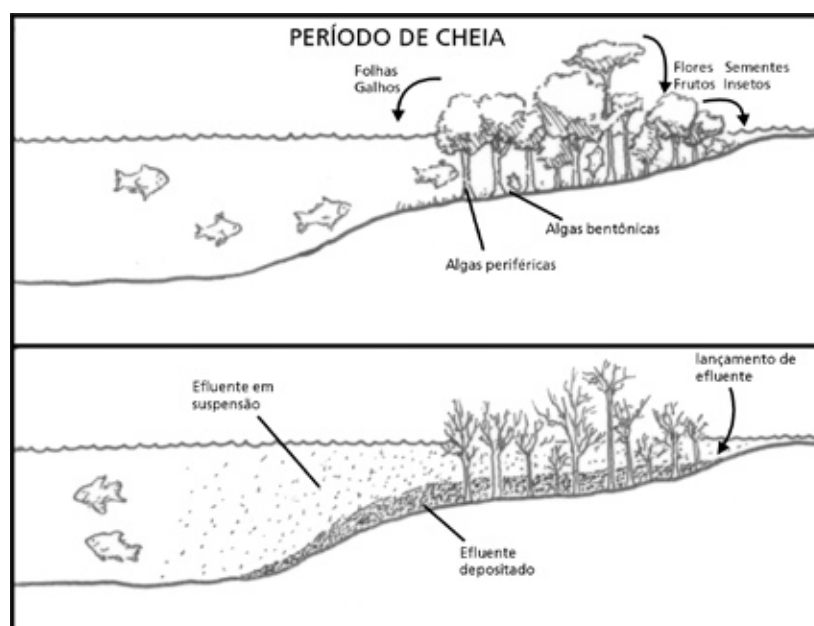
Mas o grau de interferência nas várias populações das diversas espécies foi relativo à alteração em sua fonte alimentar. Assim, foram particularmente atingidas as espécies bentófagas em função do empobrecimento da oferta alimentar. Entre os peixes, as espécies carnívoras têm, na comunidade bentônica, uma de suas principais fontes de alimento.

FORRAGEAR

1. Procurar obter alimento por pastejo.
2. Herbivoria sem extermínio do vegetal (Aciesp, 1987).

Também nesse sentido foram particularmente prejudicadas as espécies que se alimentam dos produtos da floresta. A morte da vegetação de igapó, que veremos mais adiante, significou a destruição de *habitats* e áreas de **FORRAGEAMENTO** para os peixes.

Figura 22.3: Impacto do rejeito de bauxita sobre o igapó do Lago Batata e suas possíveis consequências sobre a ictiofauna (Fonte: Esteves, 2000, p. 11).



Vegetação de igapó

Na zona de transição para o sistema terrestre, a região de igapó, o lançamento do efluente representou o *assoreamento* de extensas áreas, com o conseqüente *perecimento* de parte da vegetação, o que teve efeitos na paisagem, criando imagem de degradação visual do Lago Batata, mas também nos processos da interação lago/floresta já citados. Esteves (2000, p. 10) atribui a morte da vegetação de igapó à deficiência de oxigênio e acumulação de produtos metabólicos tóxicos em função da sedimentação da argila.

Em contrapartida, o assoreamento de áreas do lago que se mantinham permanentemente inundadas, ao mesmo tempo que significou a destruição de *habitats* de vários organismos, criou novos ambientes, agora sujeitos a inundações periódicas, como o igapó (Figura 22.4). Contudo, essas novas áreas apresentam condições ecológicas adversas à colonização, necessitando de intervenções direcionadas e específicas.

Dinâmica dos nutrientes

O recobrimento do sedimento natural por uma camada de argila bloqueia processos físico-químicos que ocorrem na interface entre o sedimento e a coluna d'água e que resultam na liberação ou na retenção de nutrientes fundamentais para a manutenção de outros processos vitais para o sistema, como a produção de matéria orgânica pelo fitoplâncton. Assim, o soterramento do sedimento implica a *redução de nutrientes circulantes no sistema*. Esse fato, associado à redução da disponibilidade de luz causada pela turbidez, leva à diminuição da produtividade primária e, a longo prazo, ocasiona a progressiva *redução da produtividade* do sistema.



Figura 22.4: Exemplo de novas áreas de igapó formadas pelo assoreamento de áreas do Lago Batata que, mesmo no período de águas baixas, permaneciam inundadas (Fonte: Esteves, 2000, p. 10).

MITIGAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL NO LAGO BATATA E IGAPÓ ADJACENTE

A equipe de pesquisa optou por não estabelecer ações diretas na área permanentemente inundada, e sim na área de igapó, na expectativa de que sua recuperação levasse à redução da ressuspensão de rejeito, ampliando assim os benefícios também para a outra área.

Na área de igapó, várias ações foram realizadas, dentre elas o **monitoramento da colonização natural** (regeneração natural) que, surpreendentemente, a despeito da má qualidade do substrato e da grande insolação, se iniciou em parte da área criada pela acumulação do rejeito. Observou-se a ocorrência de um processo de **sucessão natural**, com a substituição de espécies e simultâneo desenvolvimento desse novo substrato evoluindo para um solo. A observação de casos de deformação de raízes, com conseqüente tombamento de alguns indivíduos maiores, mostrou que o substrato ainda é desfavorável à colonização, embora o processo tenha se mostrado viável. Esse monitoramento forneceu subsídios para as atividades de plantio, particularmente indicando espécies aptas a essa ocupação nas

diferentes condições de *tempo de inundação*, um importante fator controlador da comunidade vegetal, isto é, que seleciona as espécies que poderão se instalar em cada local. As espécies têm diferentes níveis de tolerância à inundação, o que define suas diferentes posições no relevo local.

Paralelamente ao acompanhamento da colonização natural, efetivaram-se programas de **revegetação da área impactada** visando à aceleração de sua recuperação.

a



Figura 22.5: Área revegetada com mudas de espécies arbóreas de igapó em diferentes estágios de desenvolvimento (a = dezembro/1996; b = dezembro/1997) (Fonte: Esteves & Bozelli, 2000, p. 281).

b



Para a revegetação com espécies arbóreas de igapó (Figura 22.5), foram feitos testes com diferentes materiais disponíveis na região (casca de madeira, grama picada, serragem etc.), como fonte de matéria orgânica, e com areia, como forma de superar os principais aspectos negativos do novo substrato, ou seja, a pobreza em nutrientes, sua **TEXTURA**, compacidade e ausência de matéria orgânica.

Outros procedimentos experimentados foram o **enriquecimento com “banco de sementes”** e a **formação de “ilhas” de vegetação**. No primeiro, transferiu-se a camada mais superficial do solo logo abaixo da serrapilheira da floresta para a área a ser revegetada. Essa camada superficial contém *sementes* presentes, mas também *nutrientes*, *matéria orgânica* e *organismos* como bactérias, fungos e invertebrados, importantes no restabelecimento dos processos biológicos de decomposição e, conseqüentemente, de *ciclagem dos nutrientes* e do *fluxo de energia*. Essa estratégia mostrou-se bem-sucedida, particularmente quando o “banco de sementes” era levado a áreas onde já haviam sido plantadas mudas de espécies arbóreas.

No segundo caso, a introdução de matéria orgânica, sementes e mudas de plantas de igapó era dirigida para o redor de pequenas “ilhas” de vegetação da antiga floresta de igapó que, por condições topográficas mais favoráveis, isto é, terrenos mais elevados, puderam subsistir na área. A expectativa era de que essas pequenas “ilhas” proporcionassem melhores condições para germinação e desenvolvimento por oferecerem alguma sombra, maior acúmulo de detritos e, conseqüentemente, um substrato de melhor aspecto nutricional e estrutural. A partir daí, a expansão lateral dessas “ilhas” permitiria sua união, umas às outras, recobrando a área impactada.

TEXTURA DO SOLO

Diz respeito à granulometria do sedimento, isto é, à proporção dos diferentes tamanhos de grão. **Areia**, **silte** e **argila** (em ordem decrescente de tamanho) são as três classes de tamanho mais presentes nos solos.

ESTRUTURA DO SOLO

Diz respeito à forma em que se acham organizadas as partículas minerais do solo. Elas podem estar reunidas em agregados, o que torna o solo menos denso, mais poroso e aerado, permitindo um livre crescimento das raízes dos vegetais. A compacidade representa uma condição estrutural degradada, aumentando-se a densidade do solo.



Figura 22.6: Plantas jovens de arroz-bravo, três meses após a sementeira (Fonte: Bozelli & Esteves, 2000, p. 290).

A revegetação testou, também, o uso de espécies herbáceas (macrófitas aquáticas). Destacaram-se duas gramíneas, a canarana e o arroz-bravo (Figura 22.6). Seu sucesso pareceu estar na adaptação de seu ciclo vital às fases variáveis de inundação, respondendo, nas épocas favoráveis, com grande produção de biomassa, determinante para a melhoria do substrato. O arroz-bravo teve maior papel de destaque devido à grande produção de biomassa e pelo fato de suas sementes terem grande participação na alimentação de peixes, como o tambaqui, muito importantes pelo valor comercial e como alimento para as pessoas. Assim, seu crescimento contribui para a recolonização dessas áreas por espécies de peixes.

A RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS IMPACTADAS

O monitoramento contínuo da área impactada e das variáveis analisadas permitiu a verificação de vários indicadores de avanços na qualidade ambiental do Lago Batata. Bozelli *et al.* (2000, pp. 320-1) relatam melhorias na *turbidez da água*, nas *concentrações de matéria orgânica e nutrientes* no sedimento da área impactada, na *estrutura desse sedimento*, na *comunidade de macroinvertebrados do sedimento*, com aumento do número de grupos e densidade, na *comunidade de peixes*, com aumento da biomassa. A área de regeneração natural já apresenta considerável *biodiversidade vegetal*. A colonização por arroz-bravo levou a uma considerável melhoria das *condições estruturais e nutricionais* do rejeito pela incorporação da matéria orgânica. O plantio de mudas de *igapó* tem resultado num lento mas contínuo processo de recuperação.

Ainda há aspectos e componentes a serem recuperados. O trabalho continua, mas seus frutos já são visíveis. O Lago Batata ganhou, a Amazônia ganhou. Ganhamos todos nós com a recuperação daquele ecossistema brasileiro e com o conhecimento desenvolvido nesse processo, de grande importância na mitigação de impactos antrópicos semelhantes em outros ecossistemas aquáticos do país.

RESUMO

Foi aqui relatado o impacto ecológico resultante do lançamento, por quase dez anos, de rejeito de bauxita no Lago Batata no Estado do Pará, conforme analisado e descrito na literatura. Na ausência de estudos prévios ao impacto, os padrões utilizados, pela equipe de pesquisa, para comparação foram os trechos do lago Batata que não sofreram o impacto.

Foi inicialmente descrito o ecossistema com a citação de seus principais componentes: o fitoplâncton, zooplâncton, microorganismos, detritos orgânicos e partículas inorgânicas em suspensão na coluna d'água. No sedimento, o outro compartimento do ecossistema lago, foram citados os macroinvertebrados bentônicos. Peixes vivem a partir de recursos desses dois compartimentos e também de recursos da floresta vizinha. Participam também da dinâmica as macrófitas aquáticas e, na zona de transição para o sistema terrestre, a vegetação de igapó que é periodicamente alagada pelo lago.

Foi então caracterizado o impacto conforme exposto pelas variáveis e componentes bióticos e abióticos analisados no ecossistema. As interferências se deram a partir do assoreamento parcial do Lago Batata e da maior presença de material sedimentar em suspensão. Assim, alteraram-se a composição e a quantidade (representadas pela biomassa ou densidade) de várias comunidades presentes. Vimos como as relações energéticas entre os organismos são vias de propagação do impacto sofrido desde a base da cadeia alimentar.

Finalmente, foram descritos procedimentos que visaram à mitigação do impacto nesse ecossistema a partir da recuperação da vegetação de igapó. Embora ainda haja o que fazer, a recuperação da área já é visível em vários dos componentes analisados.

EXERCÍCIOS

1. Quais podem ser as bases de cadeias alimentares em um ecossistema aquático?
2. Esquematize possíveis cadeias tróficas existentes nesse ecossistema.
3. Em que aspectos ou componentes do ecossistema a sazonalidade hidrológica da região tem efeitos diretos? Enumere possíveis componentes de um ecossistema aquático margeado por floresta. Relacione os organismos em possíveis cadeias alimentares.
4. Em relação à ciclagem de nutrientes nesse sistema, que grandes compartimentos participam do processo e como? Como o impacto do rejeito de bauxita interfere nessa dinâmica?
5. Dissemos que uma alteração inicial em um ecossistema pode se propagar através das cadeias alimentares. Dê um exemplo disso.
6. A recuperação da área degradada envolveu atividades de revegetação. Contudo, o substrato surgido da deposição de argila mostrava-se inóspito à colonização em função de características como a pobreza em nutrientes, sua textura, compacidade e ausência de matéria orgânica. Como estes problemas foram contornados pelas diversas propostas (diversos procedimentos)?

Novas tecnologias e meio ambiente

AULA

23

objetivos

Nesta aula, você se informará sobre as modernas tecnologias utilizadas no sentido de melhorar e agilizar a adaptação humana ao seu ambiente em constante mudança. Abordaremos os aspectos positivos, os negativos e os distúrbios provocados pelos produtos dessas tecnologias nos ecossistemas.

Portanto, você deverá ser capaz de:

- Identificar grande parte dos principais passos tecnológicos empreendidos pela humanidade.
- Relacionar o avanço da tecnologia com a complexidade funcional dos ecossistemas.
- Relacionar padrões de desenvolvimento social e econômico com o acesso de todos os países aos produtos das novas tecnologias.

INTRODUÇÃO

Nesta aula, você terá oportunidade de conhecer os recentes desenvolvimentos científicos que proporcionaram à humanidade maior poder de resolução de problemas surgidos paralelamente ao crescimento populacional. Esses problemas estão geralmente relacionados à saúde, comunicação, informação e alimentação, entre outros. São as novas tecnologias, cuja importância atual é inquestionável, já que representam atividades essenciais não só ao conforto e bem-estar da humanidade, mas também à sua própria sobrevivência.

A evolução técnica está tão presente em nossa vida que podemos considerá-la a própria evolução humana desde o período das cavernas, uma vez que podemos suprir artificialmente nossas eventuais deficiências biológicas através do rápido desenvolvimento tecnológico, utilizado como um **mecanismo acessório de adaptação** às mais diversas condições ambientais.

Em contrapartida, avaliaremos também os distúrbios ambientais dessas tecnologias, já que elas representam fortes intervenções em todas as relações dinâmicas nos ecossistemas, das quais você conheceu alguns exemplos ao longo da nossa disciplina, principalmente nas Aulas 20 a 22. Na verdade, a tecnologia desempenha uma função instrumental dentro da atividade econômica, ressaltando a **eficácia** entre o conhecimento científico e a produção de bens.

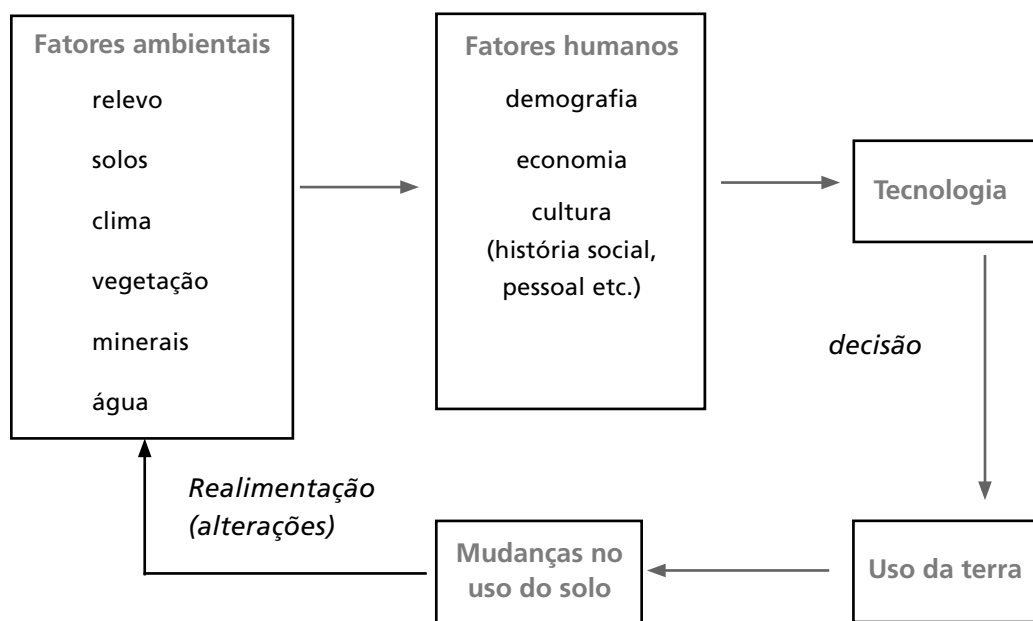


Figura 23.1: Adaptado de Drew, 1986.

Levada a extremos, a tecnologia pode privilegiar os **fatores econômicos**, terminando por excluir desse processo o próprio homem e a natureza. A Figura 23.1 ilustra um dos exemplos que podem ser encontrados na transformação de ecossistemas complexos em pastagens ou campos de monocultura, conduzindo a uma superexploração crescente do solo cuja produtividade pode declinar rapidamente, principalmente em solos tropicais. Nessa figura, você observa um componente denominado **fatores humanos**, incluindo um conjunto de relações populacionais (demográficas), culturais e históricas. Pois é esse conjunto que impulsiona a humanidade rumo ao progresso, por um lado, e que nos deu, por outro lado, a noção de um **mundo destinado ao benefício humano**. Aristóteles, filósofo grego, escreveu 350 anos antes de Cristo: “As plantas foram criadas por causa dos animais e os animais por causa do homem” (Drew, 1986). Esse aspecto do nosso quadro cultural e histórico ressalta uma importante separação, ainda persistente, entre o homem e a natureza, de modo que nosso estudo avaliará as diferentes questões desse difícil relacionamento do homem com seu ambiente natural.

UMA VISÃO GERAL DAS NOVAS TECNOLOGIAS

De acordo com o biólogo brasileiro Warwick E. Kerr, “O homem pode conquistar novos nichos, novos territórios, novos alimentos, sem necessidade de mutação e seleção natural, porque ele adicionou ao processo evolutivo duas novidades de capital importância: a Invenção e a Instrução, a primeira resolvendo problemas e criando outros, e a segunda inter-relacionando várias invenções e evitando que estas tenham de ser repetidas” (In: Drew, 1986).

Nosso raciocínio, então, nos dirige ao fato de que as grandes variações ambientais ao longo dos milhares de anos que nos separam de nossos ancestrais orientaram nossa adaptação tecnológica, preferencialmente à adaptação biológica, tornando-nos dependentes de um determinado grau de tecnologia, variável de acordo com as modificações sofridas pelo ambiente.

Certamente você está lembrado da nossa Aula 9, na qual ressaltamos o aumento da **complexidade ambiental** no sentido da manutenção de sua ordem energética. Então raciocine conosco.

Essa ordem energética deve ser, na maioria dos ecossistemas conhecidos, dotada de uma certa **fragilidade**, na medida em que o funcionamento dos fatores que conferem complexidade aos sistemas vivos deve ser plenamente integrado, concorda? Dessa maneira, o avanço tecnológico, representando um fator de influência nesse funcionamento, deve ser planejado a fim de atender a alguns requisitos relacionados tanto com o melhoramento de nosso processo de adaptação contínua quanto com a análise profunda e criteriosa de suas conseqüências.



Thomas Malthus

Assim, chegamos a um ponto importante do nosso estudo. Por que é fundamental e imperioso pensarmos e agirmos rapidamente sobre a questão do desenvolvimento tecnológico e de sua inserção no funcionamento dos ecossistemas? Começemos com uma conclusão geral dos estudos de um reverendo inglês chamado **Thomas Malthus**, numa publicação denominada *Ensaio sobre a população*, de 1798. De acordo com o reverendo, em um planeta finito, o crescimento populacional humano não pode ser acompanhado indefinidamente pelo crescimento dos recursos, de modo que fome e miséria são resultados inevitáveis disso. Se você estiver interessado em saber mais sobre essa e outras questões de conservação da natureza, não deixe de consultar o delicioso livro de Fernando Fernandez intitulado *O Poema Imperfeito*.

Mas voltemos ao nosso questionamento. As afirmações do reverendo continuam absolutamente atuais, não é mesmo? Então, qual a saída? Alguns afirmam que o crescimento econômico e as inovações tecnológicas nos salvarão desses flagelos, enquanto outros são absolutamente céticos pela simples razão de que existem enormes desigualdades entre os países quanto ao crescimento econômico e a detenção do poder das inovações tecnológicas. Esse é um dos pontos sobre os quais você deverá refletir à medida que vamos avançando na definição das tecnologias, suas aplicações, suas influências no ambiente e o alcance de seus benefícios em relação às sociedades humanas.

De qualquer maneira, a simples constatação de que vivemos num planeta finito, com recursos finitos e com um crescimento populacional considerável responde à questão do rápido desenvolvimento tecnológico que tivemos de empreender ao longo de nossa história, mesmo que tenhamos de lidar com uma extensa lista de conseqüências ambientais, econômicas e sociais.

REDESCOBRINDO A GENÉTICA. A BIOTECNOLOGIA

O esclarecimento da natureza química do material genético foi alcançado somente nos últimos cinquenta anos, e as primeiras aplicações tecnológicas da biologia molecular, por via da engenharia genética, foram realizadas apenas a partir da década de 1970.

A biotecnologia moderna desenvolveu-se no mundo, nessas últimas décadas, como consequência de progressos científicos que ocorreram principalmente nas áreas de biologia celular e molecular, combinados com avanços nas áreas da química e da microeletrônica. Com essa revolução do conhecimento científico e da tecnologia, tornou-se possível o desenvolvimento de técnicas que permitem a transferência precisa de genes específicos de uma espécie para outra. Esse é o processo básico da formação dos **organismos transgênicos** ou organismos geneticamente modificados (OGMs).

Aqui achamos necessário fazer uma distinção importante. O **melhoramento genético** vegetal e animal, ou seja, a seleção de características desejáveis do ponto de vista alimentar, comercial ou de resistência a pragas, **não significa** necessariamente **modificação** no conjunto de genes (**genoma**) de um organismo. Um clone, por exemplo, é um indivíduo exatamente igual geneticamente àquele que lhe deu origem. Em plantas, esse processo é muito mais antigo do que se possa imaginar, e você já deve ter processado muita clonagem vegetal. Diz-se popularmente que uma planta “pega” de muda quando nós arrancamos um pedaço da planta e o colocamos em outro vaso para reproduzir outro vegetal inteiramente igual. Já o melhoramento baseado em transferência de genes de uma espécie para outra implica modificação do genoma.

Notáveis consequências na área da saúde humana resultaram de descobertas que revolucionaram os métodos diagnósticos. A engenharia genética permite a introdução e expressão, em um mesmo genoma, de genes de organismos tão distantes em sua origem que jamais, por métodos convencionais, poderiam coexistir em um organismo. Pela **engenharia genética**, genes, de praticamente qualquer organismo, podem ser isolados, caracterizados, modificados e transferidos para qualquer outro organismo no qual expressam-se em quantidades desejadas, em células e tecidos específicos, sob preciso controle temporal. Foram, assim, eliminadas as barreiras biológicas que isolavam evolutivamente os genomas.

Melhoramento genético	
Sem transgênese	Com transgênese
<ul style="list-style-type: none"> • Proteção de estruturas florais • Isolamento físico • Remoção de partes florais • Autopolinização • Polinização cruzada • Acasalamento induzido 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtenção do gene de interesse • Aplicação das técnicas de fragmentação, replicação, recuperação e transferência dos genes de interesse para o organismo-alvo

Figura 23.2: Principais técnicas de melhoramento genético.

Na Figura 23.2, você encontra as principais técnicas utilizadas tanto no melhoramento genético sem modificação do genoma quanto naquele que utiliza essa modificação.

No primeiro caso, o que ocorre é basicamente a **seleção de um caráter** já expresso pelo conjunto gênico de um vegetal ou animal. O passo seguinte representa, então, as diversas técnicas utilizadas para ressaltar esse caráter selecionado, ou seja, o cruzamento do “melhor” com o “melhor” em termos gerais. Daí, é possível se isolar fisicamente o organismo, no sentido de se evitar cruzamentos indesejáveis, proteger estruturas reprodutoras como as flores e realizar autopolinização, por exemplo.

No segundo caso, as técnicas utilizadas vão originar os tão (mal e bem) falados OGMs ou organismos geneticamente modificados. Assim como no melhoramento sem modificação gênica, o primeiro passo é a **seleção de um fenótipo**, aqui, o primeiro passo é a seleção de um gene que produza determinada característica de interesse para replicação, ou seja, **seleciona-se o genótipo**. E quando falamos em gene, estamos falando de DNA. Pois é essa estrutura que é extraída dos organismos e fragmentada com o auxílio de enzimas que, nesse caso, funcionam como verdadeiras **tesouras biológicas**. Contudo, por estarmos tratando de estruturas gênicas, é necessário que tenhamos uma boa quantidade delas, o que é conseguido através de métodos simples.

Num desses métodos, o fragmento de DNA contendo o gene selecionado é ligado a um DNA de bactéria e nela introduzido, já que esses organismos se multiplicam muito rapidamente.

Depois da obtenção da quantidade desejada, isolam-se os genes de interesse para que sejam implantados em outras células, animais ou vegetais. Em outro método, a própria bactéria é modificada através da introdução de um gene de interesse ligado a um fragmento dessa bactéria, no interior da qual produzirá os caracteres desejados. Um bom exemplo desse método é a produção de insulina para o tratamento de diabéticos. A **bactéria**, nesse caso, é **induzida a produzir insulina**, através da introdução de um gene produtor desse composto, que pode ter vindo de células de qualquer animal.

Na Figura 23.3, você tem uma visão simplificada do processo de seleção, fragmentação, replicação e recuperação do gene de interesse na formação de um organismo transgênico. O segundo passo nesse processo reúne as três principais técnicas de introdução do gene selecionado no organismo-alvo.

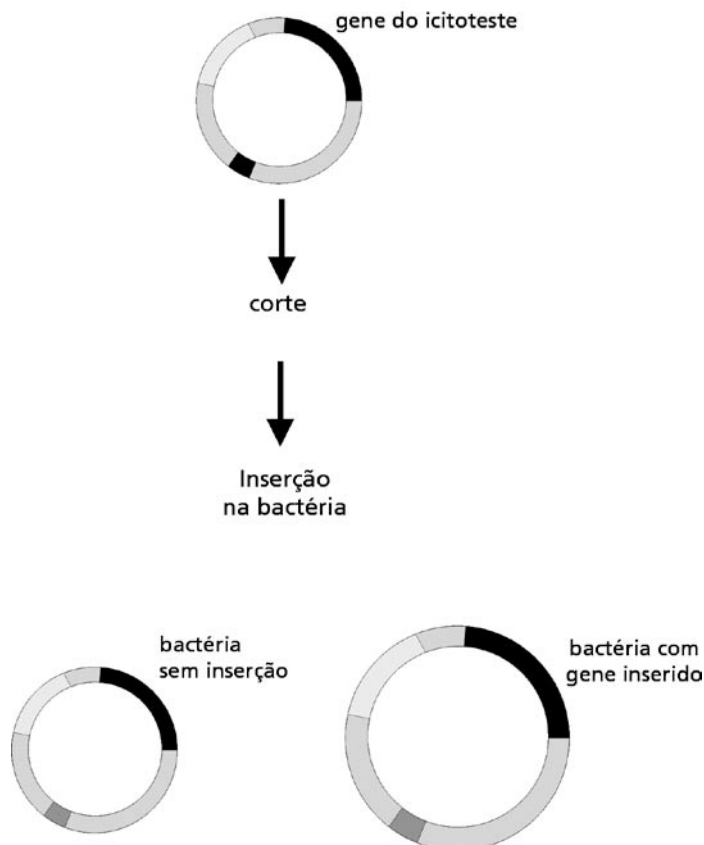


Figura 23.3: Gene de interesse selecionado, fragmentado através de corte e introdução no organismo-alvo (bactéria).

Não vamos nos estender demasiadamente na descrição dessas técnicas, mas apenas ressaltar o fato de que elas servem principalmente para romper a membrana da célula-alvo sem provocar injúrias graves e num curtíssimo espaço de tempo. Desse modo, costuma-se aplicar rápidos choques de alta voltagem, de modo que ocorrem modificações nas propriedades da membrana celular do organismo-alvo que permitem a entrada do gene de interesse.

Outra técnica muito utilizada é a **biobalística**, desenvolvida no início dos anos 80. Ela é assim chamada porque baseia-se no princípio das armas de fogo. A transferência dos genes é feita bombardeando-se a célula-alvo com microprojéteis de ouro ou chumbo cobertos com os genes de interesse. Esse bombardeio ocorre a altíssima velocidade, de maneira que os genes entram nas células e integram-se ao genoma sem provocar grandes injúrias à membrana.

É importante ressaltar que a dominação dessas etapas de formação dos transgênicos proporcionou uma formidável ampliação das possibilidades humanas como, por exemplo, a chamada “terapia gênica”, por meio da qual tenta-se a cura de determinadas doenças cuja causa é um defeito genético, através da introdução de genes normais, com a finalidade de substituir ou complementar o gene defeituoso. Essa terapia, atualmente, não está atrelada apenas à correção de genes defeituosos, mas estuda-se o seu uso na produção e liberação de substâncias terapêuticas no próprio organismo, transformando-se na esperança de solução para doenças hoje em dia consideradas incuráveis.

ANIMAIS TRANSGÊNICOS

A manipulação genética em animais é muito questionada em seu valor ético, ora tratando os cientistas como criadores de monstros, ora como seres que querem se equiparar a Deus pelo poder da criação.

Devemos lembrar-nos, no entanto, de que a biotecnologia aplicada em animais é muito importante no que se refere à saúde humana, principalmente quando queremos obter informações sobre testes de medicamentos já comercializados ou ainda em estudo. Já pensou se tivéssemos de testar a dose letal (aquela que mata) de um determinado medicamento nos seres humanos?

Animais e plantas transgênicos proporcionam a realização de pesquisas que aumentam nosso conhecimento em diferentes áreas. Um exemplo disso é a criação de ratos transgênicos contendo partes do DNA de vírus como o da hepatite e os de alguns tipos de câncer. Isso melhora o entendimento do ciclo viral, com a finalidade de propor novos agentes terapêuticos (medicamentos) ou entender a função de diversos genes ainda não explorados.

Cabras transgênicas são criadas contendo genes que expressam algumas proteínas importantes do leite, obtendo-se maior quantidade dessas proteínas para serem utilizadas com finalidades terapêuticas ou alimentares.

O projeto Genoma Humano é um empreendimento que envolve países do mundo inteiro. Iniciado em 1990, foram previstos 15 anos para a sua conclusão. Atualmente, a maior parte do genoma humano está identificada e mapeada. Os benefícios desse projeto não se restringem apenas à identificação do código genético. Ela preconiza o surgimento da medicina molecular, que permite o diagnóstico antecipado de doenças e a identificação da sequência gênica que aumenta a probabilidade do aparecimento de outras doenças. Proteínas humanas são produzidas em bactérias, células de insetos e em animais transgênicos, o que gera técnicas específicas de diagnósticos e novas vacinas.

PLANTAS TRANSGÊNICAS

O interesse geral na modificação gênica de plantas é o aumento da resistência a microorganismos, a geração de frutos mais nutritivos e o aumento da produtividade com redução do espaço utilizado para as plantações. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) vem desenvolvendo um projeto chamado Genoma da Raiz, para estudar modificações genéticas em plantações de soja, feijão, cenoura e milho, no sentido de fornecer-lhes maior resistência a variações extremas de fenômenos naturais, como estiagem prolongada, excesso de ventos, chuvas e geadas.

TRANSGÊNICOS E MEIO AMBIENTE

Talvez o maior risco no meio ambiente seja a contaminação de plantas silvestres por transferência de pólen oriundo de plantas transgênicas. Imagine o tamanho do problema se um gene de resistência for incorporado espontaneamente a plantas como ervas daninhas, tornando-as superervas. O seu controle na agricultura seria altamente dificultado. Foi comprovado que algumas plantas produtoras de toxinas são capazes de matar alguns insetos que participam do processo de polinização e que não são, evidentemente, o alvo original do controle agrícola. É o caso da borboleta chamada “borboleta monarca”. Seria o caso de aplicarmos a expressão tão em moda atualmente para nos referirmos à borboleta monarca como vítima do “fogo amigo”? A influência biológica dos transgênicos no meio ambiente relaciona-se com o fluxo gênico, aumento da competição entre espécies, interferência em organismos não modificados, erosão gênica e efeitos gerais no ecossistema. Vamos explicar resumidamente apenas alguns desses aspectos.

Fluxo gênico

A formação de híbridos a partir de plantas silvestres com transgênicas já foi verificada por diversos pesquisadores. Basta que essas plantas sejam compatíveis sexualmente e então a fecundação cruzada se tornará possível, estabelecendo um fluxo, uma corrente gênica.

A interferência em organismos não-alvo

Muito importante, porque além de atender ao interesse em diminuir pragas agrícolas, termina eliminando organismos que não representam perigo para as plantações. Já vimos um exemplo disso com o caso da borboleta monarca. Essa interferência afeta tanto a diversidade das espécies no ecossistema quanto a dos microorganismos do solo, atingindo o ciclo do carbono e do nitrogênio.

Erosão genética

A biotecnologia agrícola favorece a diminuição dos caracteres genéticos dos alimentos, deixando-os cada vez mais uniformes. Isso porque nós selecionamos para a produção somente aqueles alimentos que exibem características de interesse, deixando de lado os demais.

Os efeitos no ecossistema

Devem ser vistos como um todo, a partir do conhecimento prévio de sua estrutura e funcionamento. Os transgênicos podem influenciar nas dinâmicas populacionais preexistentes, na disponibilidade de nutrientes para espécies que se alimentam de insetos, com conseqüências nas dinâmicas populacionais de outras espécies predadoras.

Finalmente, você observou até aqui que as recentes descobertas no campo da genética podem ser auspiciosas no sentido de sua utilidade como ferramentas eficazes na adaptação humana ao seu meio ambiente. Observou também a existência de sérias restrições à utilização dessas ferramentas tecnológicas quando vistas sob a óptica da dinâmica dos ecossistemas e da própria saúde humana.

Essa revolução tecnológica, particularmente interessante para o Brasil, tem algumas peculiaridades. Embora tenha sido resultado de investimentos do setor público na década de 1970, a maior parte dos produtos e das tecnologias foi conseqüência do pesado investimento das empresas privadas dos países desenvolvidos já na década de 1980.

O resultado é que esses **produtos e tecnologias** têm hoje **propriedade intelectual** assegurada por leis. São as tão discutidas **patentes**. Aí está a enorme desigualdade entre os países desenvolvidos e aqueles ditos em desenvolvimento. Por esse motivo, algumas pessoas se revelam céticas em relação aos benefícios dos produtos gerados pelas novas tecnologias.

Nossos dois próximos assuntos ajudarão você a refletir melhor sobre a modernidade tecnológica dos nossos principais avanços científicos, com o precioso auxílio da física atômica.

INFORMAÇÃO E PODER

Em junho de 1999, o Butão, um pequeno país do Himalaia, recebia repórteres de todo o mundo porque estava inaugurando sua primeira conexão à Internet durante a primeira transmissão de televisão. Mais uma nação entrava na Era da Informação! Ressalte-se que os soberanos do Butão há muito tempo protegem a sua cultura budista, limitando o fluxo turístico e resistindo bravamente aos receptores de satélite para a televisão. Mas naquele momento o país ingressava no mundo globalizado das comunicações e, possivelmente, tudo mudou. E essa onda de mudanças provém da união do computador a uma formidável rede de comunicações. Hoje, muitos tipos de informação – texto, som, imagem – podem ser transmitidos digitalmente, como *bits* compactados na linguagem dos computadores.

A digitalização estende-se rapidamente pelas indústrias de telefonia, fotografia, sensoriamento remoto, divulgação, cinema e música. Desse modo, as linhas que separam as telecomunicações dos computadores, processamento de dados, gravações e entretenimento estão cada vez mais indefinidas. Tudo muito bom e veloz, não é? Mas durante suas “vidas”, os computadores, satélites, televisores, telefones celulares e outros instrumentos de comunicação cobram um pesadíssimo custo dos recursos da Terra.

SILÍCIO

Elemento químico que nunca ocorre isolado na natureza. Em geral ocorre como dióxido de silício, usualmente chamado sílica. O quartzo e a opala são formas de sílica.

A produção dos semicondutores de **silício**, que formam os chips dos computadores, exige alto consumo de energia e água. Uma única indústria desse tipo, produzindo 5.000 bolachas de silício por semana, pode gastar energia e água igual a uma pequena cidade. A Califórnia, nos Estados Unidos, concentra uma grande área destinada à instalação e à operação da indústria de computadores, denominada Vale do Silício.

Você já deve estar imaginando a concentração de poder que o desenvolvimento das novas tecnologias de comunicação confere aos países desenvolvidos. E tem razão. No mundo globalizado pela rapidez das comunicações, as poderosas corporações transnacionais podem até homogeneizar certos comportamentos de compra e venda de produtos, mesmo a despeito de hábitos culturais locais. E por que nos preocuparmos com um inocente *e-comércio* globalizado? Todos compram e todos vendem toda a sorte de produtos. Deveríamos estar satisfeitos! Pois saiba que o comércio eletrônico descontrolado pode trazer sérias consequências ambientais.

LIXO ELETRÔNICO NÃO SE DELETA

Começemos avaliando o início de tudo. A fabricação de computadores e televisores gera lixo, em grande parte nocivo. Solventes tóxicos, ácidos e metais pesados são utilizados na fabricação de semicondutores, circuitos e tubos de raios catódicos para monitores de computador e telas de televisão. O Vale do Silício, por exemplo. Antes de ser transformado no grande pólo de fabricação de computadores na década de 1970, suas reservas aquíferas sustentavam a agricultura local. Três décadas depois, temos 29 locais de lixo nocivo, além da necessidade de importar água! Desse modo, computadores e telefones móveis representam atualmente um enorme problema de descarte. Isso porque as “novas gerações” dos aparelhos eletroeletrônicos se sucedem com tal rapidez que o destino de todo o aparato obsoleto é mesmo o lixo. Mas, repare bem, esse material não é reciclável. Então, qual a saída?

Na Convenção da Basiléia, de 1989, elaborou-se o documento que mais se aproxima de um regime internacional de cooperação e controle com finalidades de regulamentar o lixo eletrônico. Duas ações foram importantes. A primeira, propor mudanças no processo produtivo, através da minimização da geração de resíduos perigosos. A segunda foi tentar reduzir o movimento transfronteiriço desses resíduos. Sim, porque os resíduos terminam chegando aos países com menor capacitação tecnológica para livrar-se deles!

Existe uma organização, na Califórnia mesmo, denominada Coalizão de Tóxicos do Vale do Silício, que descobriu, em 1999, uma forma de utilizar os próprios computadores para verificar os efeitos tóxicos de sua fabricação. Juntamente com uma rede global de ativistas que “lutam” em diversas frentes ambientais, essa organização elaborou um estudo segundo o qual entre 50 e 80% do lixo eletrônico, o *e-lixo* coletado nos Estados Unidos, são exportados para países cuja legislação ambiental ainda é frágil, por uma simples razão. Os Estados Unidos não assinaram a Convenção da Basileia, pois, de acordo com a legislação norte-americana, os componentes eletrônicos são recicláveis e não resíduos.

Finalmente, não precisamos nos estender muito sobre os benefícios e poder de negociação que estão embutidos nessa poderosa rede de comunicação disponível através do desenvolvimento das novas tecnologias. Você mesmo vivencia na prática essa experiência. O importante é que você esteja informado do alto custo ambiental que essas tecnologias cobram. Que esteja consciente do quanto precisamos estar atentos ao destino de substâncias como chumbo, cádmio, arsênico, níquel, todas componentes das fabulosas máquinas que nos proporcionam ao mesmo tempo bem-estar e apreensão. Consulte, sempre que possível, o *site* do Ministério do Meio Ambiente, pois encontrará um conjunto de normas, resoluções e leis que tentam de certa forma organizar essas questões.

A ENERGIA NUCLEAR. PRAZERES E DESPRAZERES



Ernest Rutherford

O ano de 1896 inaugurou a história nuclear através do físico francês Henri Becquerel, que identificou a emissão de radiações espontâneas, diferentes da luz ou dos raios X, em compostos químicos que continham urânio. Algum tempo mais tarde, o casal Marie e Pierre Curie identificou dois elementos radioativos: o polônio e o rádio. Posteriormente, o físico experimental neozelandês Ernest Rutherford descobriu a existência de um núcleo atômico denso, muito menor do que o átomo. Embora seu modelo atômico apresentasse grandes inconsistências com a física da época, Rutherford foi o primeiro a observar uma reação nuclear, o que levou à descoberta do próton.

A primeira observação de uma fissão nuclear, ocorrida na Alemanha, foi feita por um grupo de cientistas do qual participava uma mulher judia, Lise Meitner. Essa cientista, pelo fato de ter de fugir da Alemanha nazista, não pôde assinar, juntamente com seus colegas, o artigo que relatava essa importante experiência.

Com o rápido progresso conjunto da Química e da Física, apareceu um novo ramo de conhecimento da natureza chamado **Física Nuclear**, que teve início com a descoberta do nêutron em 1932. A Física Nuclear, aliada às novas tecnologias de metalurgia e engenharias, possibilitou o desenvolvimento da **energia nuclear**.

Atualmente, são diversas as aplicações da energia nuclear, além das já clássicas usinas atômicas para geração de energia elétrica. Eis alguns exemplos. A **datação de materiais** através da utilização do carbono radioativo (C^{14}), que deu grande impulso às pesquisas arqueológicas. Os **raios X**, amplamente empregados na medicina, na qual também podemos incluir os benefícios da **radioterapia** no tratamento do câncer.



Pierre Curie

No meio ambiente, as aplicações da Física Nuclear são também muito relevantes. É possível acompanhar, com o uso de **traçadores radioativos**, o **metabolismo das plantas**, verificando o que elas precisam para crescer, o que é absorvido pelas raízes e folhas. A técnica do uso de traçadores radioativos também possibilita o estudo do **comportamento de insetos**, como abelhas e formigas. Ao ingerirem radioisótopos, os insetos ficam marcados, porque passam a “emitir radiação” e seu “raio de ação” pode ser acompanhado. No caso de formigas, descobre-se onde fica o formigueiro e, no caso de abelhas, até as flores de sua preferência.



Marie Curie

Marcar insetos com radioisótopos serve também para o **controle de pragas agrícolas**, identificando qual predador se alimenta de determinado inseto indesejável. Neste caso, o predador é usado no controle, em vez de inseticidas nocivos à saúde.

Mas o clarão da manhã do dia 6 de agosto de 1945 nos coloca outra vez apreensivos com os resultados da pesquisa realizada três anos antes, nos laboratórios da Universidade de Chicago, produzindo a primeira reação atômica em cadeia. A bomba lançada em Hiroshima, no Japão, deixou um saldo de 80.000 pessoas mortas instantaneamente, além de futuros anos de sofrimento e...

Mais apreensão! Acordamos, finalmente, para os desprazeres da energia atômica.

A atividade nuclear vem produzindo quantidades crescentes de resíduos radioativos e nenhum país, por mais que detenha tecnologias modernas, consegue se livrar satisfatoriamente desses resíduos.

O lançamento de radioisótopos no ambiente causa uma série de fenômenos físicos e biológicos, por causa do movimento desses materiais na atmosfera e daí para a água, podendo ser retidos nos solos e nos organismos vivos. Você deve recordar tópicos importantes da radioatividade nos seus estudos de Química. Lá você encontra explicações sobre a meia-vida dos elementos radioativos e compreende agora por que dizemos que os **mais problemáticos são de meia-vida longa**, como o estrôncio e o cézio. São os que permanecem mais tempo degradando e emitindo radiações nocivas para o meio ambiente. Lembre-se do acidente com o Césio137, em Goiânia, há alguns anos.

De maneira geral, os efeitos biológicos das radiações dependem da dose total recebida, do tipo de radiação, da área ou volume do corpo expostos à radiação e do tempo que dura a exposição. Em nível molecular, as radiações costumam induzir mutações sérias nos organismos expostos. Desse modo, muitas mulheres foram afetadas anos após a explosão da bomba atômica, por exemplo, porque foram sofrendo esses efeitos a ponto de gerarem crianças com diversas aberrações físicas.

Deixamos com você a Figura 23.4 e a letra da música do nosso “poetinha” Vinicius de Moraes, não como uma mensagem de desesperança, mas como uma idéia do quanto ainda devemos nos empenhar para evitar os desvios de um caminho de conhecimento científico e tecnológico que realmente nos conduza (a todos) para uma vida melhor e mais pacífica.

A Rosa de Hiroshima

(Vinicius de Moraes)

Pensem nas crianças mudas, telepáticas
 Pensem nas meninas cegas, inexatas
 Pensem nas mulheres, rotas alteradas
 Pensem nas feridas como rosas pálidas
 Mas oh! não se esqueçam da rosa, da rosa
 A rosa de Hiroshima, a rosa hereditária
 A rosa radiativa, estúpida e inválida
 A rosa com cirrose
 A anti-rosa atômica
 Sem cor, sem perfume, sem rosa
 Sem nada

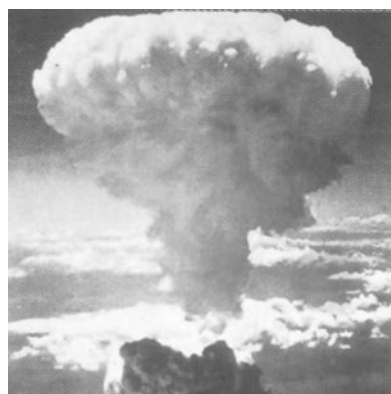


Figura 23.4: Cogumelo de radiação nuclear resultante da explosão da bomba atômica.

RESUMO

Esperamos que você tenha aproveitado com sucesso as informações desta aula. Não se esqueça de discutir suas dúvidas, por menores que sejam, nas sessões de tutoria que você certamente frequenta. Os assuntos abordados aqui, polêmicos em sua origem, geram a necessidade de posicionamento crítico em relação às questões apresentadas. Por essa razão, devem ser amplamente discutidos, de forma a ajudá-lo na formação de sua opinião.

AUTO-AVALIAÇÃO

Assim, se você:

- identificou corretamente a questão do desenvolvimento tecnológico, relacionando seus pontos positivos e negativos;
- conseguiu estabelecer pontos de ligação entre a fragilidade do funcionamento dos ecossistemas e a magnitude das intervenções tecnológicas no meio ambiente;
- chegou a formar sua opinião em relação ao livre acesso das sociedades humanas aos resultados dos avanços tecnológicos... Parabéns! Você está preparado para a próxima aula.

EXERCÍCIOS

1. Quais os principais fatores que contribuíram para a evolução da biotecnologia moderna?
2. Podemos afirmar que a tecnologia é um mecanismo acessório em nosso processo adaptativo? Por quê?
3. Qualquer melhoramento genético altera o genoma? Explique.
4. Como você definiria, com suas palavras, um organismo transgênico?
5. Comente nossa atitude em relação aos nossos ecossistemas com base na seguinte sentença de Aristóteles: “As plantas foram criadas por causa dos animais e os animais por causa do homem”.
6. Para você, o que realmente aconteceu com as populações da borboleta monarca, em contato com plantas transgênicas?
7. Do que basicamente é composto o *e-lixo* ou lixo eletrônico?
8. Por que nem todos os países assinam e cumprem as decisões tomadas nas grandes convenções internacionais sobre controle ambiental?
9. Você pode listar os principais benefícios da energia nuclear?
10. Com relação aos resultados secundários da bomba atômica (os primários são as mortes imediatas após a explosão), como você explica a frase “Pensem nas mulheres, rotas alteradas” da música de Vinicius de Moraes?

Medidas de conservação do meio ambiente

AULA 24

objetivo

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Compreender a evolução temporal das medidas referentes aos danos ambientais provocados por atividades produtivas humanas.

INTRODUÇÃO

Esta aula é muito importante para você situar, no tempo e no espaço, as decisões legais que expressam nossa preocupação com o ambiente em que vivemos. Tudo o que foi discutido sobre sistemas vivos, nessa disciplina, fornece a você a importantíssima base para estabelecer o **elo conceitual** entre **comunidades ecológicas** e **comunidades humanas**. E por que é necessário estabelecer essa ligação? Porque, com base no entendimento dos ecossistemas, podemos formular uma série de princípios organizacionais e utilizá-los como diretrizes para tentar construir comunidades humanas sustentáveis.

Naturalmente, você conhece as diferenças entre ecossistemas e comunidades humanas. Nos primeiros, não existe autopercepção, nem linguagem, nem cultura. Mas são as semelhanças que nos interessam. Tanto os ecossistemas quanto as comunidades humanas são sistemas que exibem os mesmos princípios básicos: são redes que podem ser fechadas sob o aspecto de organização, mas **abertas aos fluxos de energia e de recursos**. Então, o que podemos aprender com os ecossistemas? O fundamental **princípio da interdependência**! A interdependência mútua de todos os processos vitais dos organismos é a natureza de todas as relações ecológicas.

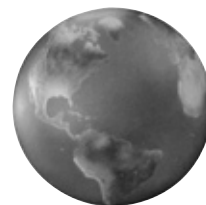
A natureza cíclica e os laços de realimentação são as vias ao longo das quais os nutrientes são reciclados nos processos ecológicos. Sendo **sistemas abertos**, todos os organismos dos ecossistemas **produzem resíduos, mas o que é resíduo de uma espécie é alimento para outra**, de modo que o ecossistema, como um todo, permanece livre de resíduos.

É aí que reside a lição para as comunidades humanas. Um dos principais desacordos entre **ecologia** e **economia** deriva do fato de que a natureza é cíclica, enquanto nossos sistemas industriais são lineares.

Em nossas atividades, extraímos recursos para transformá-los em produtos e resíduos. Vendemos esses produtos a consumidores que descartam ainda mais resíduos, depois da utilização dos produtos. Esse é o grande conflito com o qual temos de conviver no contexto das nossas difíceis relações com o meio ambiente no qual estamos inseridos!

Desse modo, e à medida que os problemas são identificados, são realizadas convenções internacionais que orientam a política comum a ser seguida pelos países, com relação aos grandes problemas resultantes dos nossos resíduos. Todo um conjunto de leis, regulamentos, normas e previsões de punição é elaborado em todo o mundo, visando ordenar ações eficazes que minimizem os efeitos de nossas atividades.

Assim, nesta aula, forneceremos a você uma visão resumida da ordem internacional ambiental e, depois, colocaremos essa ordem no contexto da legislação brasileira para o meio ambiente.



DOS PRIMEIROS TRATADOS

As primeiras tentativas de se estabelecer convenções internacionais que regulassem a ação humana sobre o meio ambiente remontam a 1900. O interessante é que essas tentativas foram provocadas por uma prática esportiva dos colonizadores ingleses na África, os **safáris**. Esses colonizadores, que não possuíam terras em seu país de origem, exageraram a caça nos novos domínios, promovendo uma matança indiscriminada. Entre os alvos preferenciais desses safáris estavam os elefantes, devido ao alto valor econômico do marfim de suas presas.

Em 1900, então, a Coroa inglesa realizou uma reunião internacional, em Londres, com a participação de diversos países europeus. As medidas adotadas estabeleciam um calendário para a prática da caça. Além desse primeiro encontro, um segundo ocorreria em 1902, destinado à proteção dos pássaros úteis à agricultura. Esse encontro gerou um acordo que **protegia apenas** os pássaros que, de acordo com os conhecimentos da época, transportavam sementes.

Já nessa época, os resultados dessas medidas não foram eficazes, porque poucos países as respeitaram. Novamente, a Inglaterra convocou os países para uma reunião em 1933, com resultados mais animadores. Dessa vez, o documento assinado procurava proteger não animais individualmente, mas a **fauna em seu conjunto**.

Um outro momento de destaque foi a realização do I Congresso Internacional para a Proteção da Natureza, realizado em 1923, em Paris, no qual se ressaltava a importância da preservação ambiental. Outros encontros se sucederam, sem muitos resultados práticos, até a **grande discussão sobre a soberania da Antártica**, o imenso e inexplorado continente gelado.

Em 1955, ocorreu, em Paris, a primeira reunião internacional que teve a Antártica como pauta. A disputa entre Estados Unidos e União Soviética pelo título de superpotência mundial assumiu uma roupagem “científica”. O resultado da reunião de Paris foi a construção da base Amundsen-Scott pelos Estados Unidos e da Vostok pela União Soviética, no Continente Antártico. A Guerra Fria chegava ao continente gelado! Vários princípios nortearam a discussão que sustentava a reivindicação territorial de diferentes países pela Antártica. Os mais importantes eram o *Princípio da Exploração Econômica* e o *Princípio da Segurança*. Pelo primeiro, seria justificada a presença naquele continente de países com tradição de pesca, como o Japão. O segundo princípio aplica o argumento de que se deve evitar, a todo custo, um novo conflito mundial, em especial na Antártica, cujas conseqüências afetariam a dinâmica natural da Terra.

O SURGIMENTO DA QUESTÃO AMBIENTAL NA ONU

A necessidade da criação de mecanismos que evitassem a repetição das cenas de horror da Segunda Grande Guerra orientou o contexto de criação da Organização das Nações Unidas (ONU), organismo que viria a coordenar a maior parte das iniciativas que resultaram no ordenamento ambiental internacional. Mas, por que a ONU tem tanta importância no contexto ambiental internacional? Porque, quando foi criada, entre **suas primeiras ações** estavam aquelas que visavam a **minimizar os aspectos** capazes de desencadear conflitos entre países, como a **falta de alimento** ou o **acesso a recursos naturais**.

O embrião das discussões ambientais surgiu na Organização para Alimento e Agricultura, em inglês Food and Agriculture Organization (FAO). Essa organização tratou da **conservação dos recursos naturais**, apesar de sua destinação principal na discussão e regulação da distribuição alimentar, porque era prevista uma crise mundial de alimentos em 1947, devido à destruição de extensas áreas agrícolas durante a guerra.

No início da década de 1950, ocorreram conferências organizadas pela FAO, cujos resultados foram a definição de planos de manejo florestal, que objetivavam a exploração de recursos vegetais sem degradação do solo e sem ameaça à reprodução das espécies. A mais

importante contribuição da FAO no contexto do meio ambiente foi a elaboração da **Carta Mundial do Solo**, em 1981, que recomendava o uso de novas tecnologias de cultivo para a conservação dos solos.

Outra reunião internacional muito importante foi a “Conferência Intergovernamental sobre as Bases Científicas para Uso e Conservação Racionais dos Recursos da Biosfera”, conhecida simplesmente como **Conferência da Biosfera**, realizada em 1968, em Paris, e contando com a presença de representantes de 64 países, 14 organizações intergovernamentais e 13 organizações não-governamentais (ONGs). Os membros dos comitês organizadores criaram um elenco de objetivos para pesquisas recomendadas para cada país participante. Num desses itens, a ciência aparece como provedora para os problemas ambientais. Daí ocorreu um aumento na investigação da natureza, no conhecimento da dinâmica dos sistemas naturais, gerando teorias e tecnologias que foram a base da atual instrumentalização dos recursos naturais.

Uma das mais interessantes atitudes decorrentes das novas abordagens científicas, das técnicas e do ambientalismo é o surgimento do **capitalismo verde** que, em vez de investigar alterações no modo de produção, que é gerador dos distúrbios ambientais e de problemas de saúde, abre novas oportunidades para a *reprodução do capital*, propondo soluções técnicas para os problemas decorrentes da produção industrial em larga escala! Surgem, então, novos negócios com a venda de filtros de ar, equipamentos para retenção e tratamento dos dejetos industriais e domiciliares e toda uma parafernália tecnológica que procura minimizar os efeitos do avanço tecnológico.

Você deve estar relacionando o que estamos falando, neste momento, com a aula anterior, principalmente na parte que se refere à assinatura de convênios internacionais no contexto da reciclagem. Vale a pena lembrar, então, que deve ser **adicionado um valor** ao preço final do produto que sai da fábrica (as alterações no modo de produção), para garantir o recolhimento e posterior reciclagem do produto.

Desse modo, suprir as necessidades por meio do conhecimento científico e tecnológico passou a ser palavra de ordem. Conhecer o ambiente natural significa nutrir ainda mais a espécie humana de informações, o que possibilita o estoque necessário à solução dos problemas recriados constantemente, justamente pela evolução do conhecimento científico e tecnológico!

A CONFERÊNCIA DE ESTOCOLMO

Foi a primeira grande conferência convocada especialmente para a discussão de problemas ambientais, no ano de 1972, na cidade de Estocolmo, Suécia. Além da poluição atmosférica, foram tratadas a poluição da água e a do solo, provenientes da industrialização. A Conferência de Estocolmo gerou um Plano de Ação, no qual foram listadas 109 recomendações, para os países-membros das Nações Unidas, relacionadas com temas como poluição, avaliação ambiental, manejo dos recursos naturais e os impactos do desenvolvimento no ambiente “humano”.

A CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE E O DESENVOLVIMENTO (CNUMAD)

O Brasil sediou essa Conferência, em 1992. Dentre as razões para a escolha do país estão a devastação na Amazônia e o assassinato do líder sindical e ambientalista Chico Mendes. A preparação dos documentos firmados no Rio de Janeiro ocorreu em quatro reuniões preparatórias da CNUMAD: uma em Nairóbi, em 1990, duas em Genebra, em 1991, e uma em Nova York, em 1992. Um dado importante dessa conferência foi a participação das ONGs, pela primeira vez na história da ONU, patrocinadora do evento. Buscava-se, nessa reunião, a **conciliação de conservação ambiental com desenvolvimento**, pautada no conceito de desenvolvimento sustentável.

Os participantes da CNUMAD desenvolveram várias frentes de discussão, tais como a conservação da diversidade biológica, as mudanças climáticas e os instrumentos de financiamento para projetos de recuperação ambiental. Os principais documentos produzidos pela CNUMAD foram: a Convenção sobre Mudanças Climáticas (CMC), a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), a Declaração do Rio, a Declaração sobre Florestas e a Agenda XXI. Mas, observe bem. Não aconteceu a discussão do modelo de desenvolvimento que gera os problemas ambientais reconhecidos. Lamentavelmente, não cabe aqui a explicação de cada um desses documentos, mas devemos considerá-los no contexto da evolução conceitual das medidas de proteção do meio ambiente. No entanto, num desses documentos, a Convenção sobre Diversidade Biológica, devemos nos deter um pouco.

A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE EM ECOSSISTEMAS TROPICAIS

Um dos principais pressupostos para esse tema é o **acesso à informação atualizada e correta**, ajudando a boa decisão política e permitindo a participação efetiva da sociedade. A Lei 6.938, de 1981, instituiu, no Brasil, a **Política Nacional do Meio Ambiente**, através da qual o Poder Público se obriga a estabelecer o Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente (Sinima), elaborar Relatórios de Qualidade de Meio Ambiente e promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino.

A moderna legislação ambiental brasileira estabelece um **vínculo** estreito entre **meio ambiente e diversidade biológica**, numa abordagem dinâmica dos ecossistemas. A diversidade biológica foi definida, no âmbito da Convenção sobre Diversidade Biológica, como “a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas”.

Definida dessa forma, a diversidade biológica é, antes de tudo, **uma das propriedades fundamentais dos ecossistemas**. Logo, podemos afirmar que ela faz parte da **qualidade ambiental**, de maneira que qualquer perda de diversidade, em qualquer nível de organização dos ecossistemas, afeta a qualidade ambiental.

Uma outra maneira de ver a diversidade biológica é como **um recurso** de real ou potencial utilidade ou valor para a humanidade, constituindo, desse modo, **uma das categorias de recursos ambientais**. Assim, essa diversidade fornece produtos para a exploração e consumo humanos, além de prestar serviços ambientais de uso indireto, essenciais à manutenção dos diferentes sistemas de uso da terra. A redução da biodiversidade, portanto, compromete a “**sustentabilidade**” do meio ambiente e a disponibilidade permanente dos recursos ambientais.

A Convenção sobre Diversidade Biológica representa uma conquista importante no quadro das questões ambientais brasileiras, porque busca refrear a destruição de espécies, habitats e ecossistemas, na medida em que considera a biodiversidade um recurso a ser delegado às gerações presentes e futuras. Mais adiante veremos alguns exemplos atuais de perda de diversidade por influência humana nos ecossistemas. No **Quadro 24.1**, você encontrará um resumo da perda de diversidade resultante da intervenção humana.

Quadro 24.1: Tipos de intervenção humana que geram perda da biodiversidade. Adaptado de WRI, IUCN, PNUMA (1993). *In:* Garay & Dias (2001).

1. Fatores próximos (causas diretas, imediatas)
<ul style="list-style-type: none"> • Perda e fragmentação de habitats. • Introdução de espécies e doenças exóticas. • Exploração excessiva de plantas e animais. • Uso de híbridos e monoculturas na agroindústria e silvicultura. • Contaminação do solo, água e atmosfera. • Mudanças climáticas globais.
2. Fatores últimos (causas indiretas, determinantes econômico-sociais)
<ul style="list-style-type: none"> • Acelerado crescimento populacional humano, com conseqüente aumento de desmatamento e comércio de espécies ameaçadas de extinção. • Distribuição desigual da propriedade, assim como da geração e fluxo dos benefícios resultantes da utilização e conservação dos recursos biológicos, originando pobreza e fome. • Sistemas econômicos e políticos que não valorizam o meio ambiente e os recursos naturais. • Insuficiência de conhecimento e falhas na sua aplicação.

FATORES QUE AFETAM A DIVERSIDADE BIOLÓGICA

As causas mais diretas de perda da diversidade biológica por intervenção antrópica são, resumidamente: a perda e a fragmentação de habitats, a introdução de espécies exóticas, a exploração excessiva de espécies de plantas e animais, e a contaminação do solo, água e atmosfera.

Nós já falamos, mais extensivamente, na aula anterior, sobre a atuação, no ambiente, da exploração excessiva de espécies animais e vegetais, além da introdução de espécies exóticas e/ou melhoradas geneticamente. Aqui, vale a pena falar um pouco sobre a **fragmentação de habitats**. Uma leitura mais esclarecedora pode ser encontrada no capítulo “A floresta em pedaços e a floresta vazia”, do livro de Fernando Fernandez. De acordo com esse autor, abandona-se a idéia de que um fragmento florestal seja simplesmente uma amostra da floresta original, idêntica a ela, só que menor. Não é, e ele exemplifica com um projeto que vem sendo realizado na floresta amazônica desde o final da década de 1970, para verificar o que acontece com fragmentos de floresta de 1, 10, 100 e 1000 hectares, após terem sido isolados. E os resultados têm sido preocupantes, porque os fragmentos florestais passam a sofrer uma série de processos conhecidos como **EFEITOS DE BORDA**.

Quando uma pequena mata fica cercada por áreas abertas, ocorrem alterações microclimáticas nas periferias dos fragmentos. E que alterações são essas? Em primeiro lugar, chega mais luz solar à periferia dos fragmentos do que no interior da floresta fechada, e isso faz com que aumente a temperatura do solo e do ar, além de aumentar a claridade. Podem ocorrer extinções locais de organismos adaptados às condições anteriores. Além dessas perturbações, ocorre uma maior exposição aos ventos das árvores da periferia de um fragmento florestal. Desse modo, muitas árvores caem a cada ventania, expondo as que estão mais para o interior do fragmento, fazendo com que esse perca suas dimensões progressivamente.

EFEITOS DE BORDA

É o conjunto de alterações físicas e biológicas que se observa na faixa de mata em contato com outro tipo de ambiente (geralmente pastagens ou áreas abertas).

PLANTAS HELIÓFITAS

São aquelas mais adaptadas à luz solar.

No entanto, as perturbações no ecossistema não param por aí. Você já sabe da interdependência dos sistemas biológicos e, por isso, já pode imaginar que aquelas modificações microclimáticas somadas à queda das árvores nas bordas induzem profundas mudanças em toda a estrutura e mesmo na composição da mata. Com o ressecamento e a insolação, **PLANTAS HELIÓFITAS** aumentam excessivamente sua densidade, à custa de outras plantas adaptadas às condições de sombra do interior da mata. A progressão dessas mudanças fornece ao sistema uma aparência de capoeira, ou seja, uma mata muito danificada e em regeneração.

O exemplo de fragmentação de habitats que acabamos de ver é muito importante, porque você percebe a pressão dos fragmentos sobre a biodiversidade de um ecossistema. Por esse motivo, a moderna legislação brasileira estabelece um forte vínculo entre meio ambiente e diversidade biológica.

Legislação ambiental

A legislação ambiental brasileira não é propriamente nova. Alguns capítulos do Código Civil Brasileiro, de 1911, já visavam reprimir o “mau uso da vizinhança”. Em 1940, o Código Penal também previa reclusão de até 15 anos para crimes de envenenamento e poluição das águas de abastecimento, sem direito ao pagamento de fiança.

Um decreto de 1941, a Lei das Contravenções Penais, contemplava com multa o agente emissor de fumaça, vapor ou gás de forma abusiva. Em 1965, aparece aquela que pode ser considerada a primeira lei brasileira especificamente ambiental. Era o código florestal, resultado do aperfeiçoamento do antigo código florestal de 1935. O código florestal contemplou a preservação da fauna, estabelecendo normas de regulação da caça e da pesca.

Depois da Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, de 1981, o artigo 225 da Constituição Federal de 1988 inclui parágrafos que estendem a todos o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, impondo ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as futuras gerações. Vale a pena nos determos um pouco na norma constitucional que instituiu responsabilidades de pessoas físicas e jurídicas em relação ao meio ambiente.

O parágrafo 3º do artigo 225 da Constituição Federal estabelece que: “as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados”. Essa norma indica que determinadas condutas podem configurar **crime ou contravenção penal**, além de ter evoluído no sentido de atribuir a **mesma importância**, tanto ao **ressarcimento** quanto à **reparação** do dano ambiental causado.

Desse modo, resta saber agora como dimensionar os efeitos e aferir a poluição causada em um ambiente, que poderia já estar impactado antes da ocorrência do dano.

No Brasil, até 1981, não apenas a legislação ambiental, mas todos os outros ramos do direito, se fundamentavam na “**Responsabilidade Baseada na Culpa**”, o que quer dizer que quem causou o dano fica obrigado a reparar, desde que comprovada sua culpa. Mas isso, no caso específico do dano ambiental, era muito pouco. Então, a Lei que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, de 1981, alterou tudo. A partir dela, o direito ao meio ambiente passou a ser considerado **interesse difuso**, ou seja, não pertence a cada um individualmente, e sim a todos coletivamente. O interesse está difuso na sociedade, todos têm direito a um ambiente saudável. Por esse motivo, a legislação ambiental brasileira é considerada uma das mais modernas do mundo.

O Brasil adotou a “**Responsabilidade Objetiva**”, iniciada nos países desenvolvidos, a partir da experiência com as usinas nucleares, empresas privadas muito lucrativas e perigosas. É a **teoria do risco assumido**, que se fundamenta no fato de que só atua numa área perigosa quem tiver capacidade de assumir **todos** os riscos inerentes àquela atividade. Veja que interessante. A responsabilidade objetiva indica que todo aquele que motivou o dano, responde por ele. Basta provar a **relação causal** entre a atividade produtiva e o dano ambiental. Ela é **objetiva** porque **independe** de um elemento muito subjetivo, a **culpa**. Dessa maneira, a partir de 1981, a ausência de culpa não exclui a responsabilidade! Não há mais dano ambiental tolerável.

Agora você pode se perguntar: se o Brasil importou a **responsabilidade objetiva** dos países desenvolvidos, onde, então, está o avanço da legislação ambiental brasileira? Está no fato de que a responsabilidade objetiva nos Estados Unidos, por exemplo, só se aplica a depósitos de resíduos tóxicos. No Brasil, essa responsabilidade se **aplica a todo e qualquer dano ambiental** causado por atividades produtivas.

As atividades produtivas que podem causar danos ambientais são consideradas **atividades potencialmente poluidoras** e, de acordo com a legislação ambiental brasileira, estão sujeitas a licenciamento, depois de cumpridas determinadas ações previstas no **Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras (Slap)**, instituído pela primeira vez no estado do Rio de Janeiro em dezembro de 1977.

O Slap é um conjunto de leis, além de normas técnicas e administrativas, que listam as obrigações e responsabilidades do poder público e dos empresários visando à autorização para implantar, ampliar ou iniciar a operação de qualquer empreendimento potencial ou efetivamente capaz de causar alterações no meio ambiente. Desse modo, o Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras é um **instrumento preventivo**, criado para a execução dos objetivos da Política Nacional do Meio Ambiente, harmonizando o desenvolvimento econômico e social com a proteção do meio ambiente.

Vamos discutir brevemente o processo de licenciamento ambiental. O Slap funciona como um **processo de acompanhamento** sistemático das consequências ambientais de uma atividade, desde as etapas iniciais de seu planejamento, através da emissão de três licenças e pela verificação do cumprimento das restrições determinadas em cada uma delas.

A primeira dessas licenças é a **Licença Prévia (LP)**, que deve ser requerida na **etapa de planejamento da atividade**, quando ainda não foi definida a localização. Serão necessários o detalhamento do projeto, os processos tecnológicos, e o conjunto de informações prestadas pelo empreendedor. O prazo mínimo de validade corresponde ao cronograma do projeto e o máximo é de cinco anos.

A segunda fase do processo é a **Licença de Instalação (LI)**. Após o detalhamento do projeto e da definição das medidas e equipamentos de proteção ambiental, a concessão dessa licença autoriza o início da construção do empreendimento. O prazo mínimo é aquele estabelecido no cronograma do projeto e o máximo é de seis anos.

A terceira fase do processo é a **Licença de Operação (LO)**, requerida quando do término da construção e depois de verificada a eficiência das medidas de controle ambiental. Essa licença autoriza o funcionamento da atividade, sendo obrigatória tanto para novos empreendimentos quanto para aqueles anteriores à vigência do Slap. Nesses casos, é estabelecido um prazo mínimo para a adequação da atividade às exigências legais, implantando os dispositivos de controle apropriados. O prazo mínimo de validade é de quatro anos e o máximo não pode ultrapassar dez anos.

Associada ao processo de licenciamento ambiental, foi instituída a **avaliação de impacto ambiental (AIA)**, resumindo um conjunto de procedimentos técnicos e administrativos, visando à realização de uma análise dos impactos ambientais de uma instalação ou da ampliação de uma atividade, com suas diversas alternativas, com a **finalidade de embasar decisões** quanto ao seu licenciamento. Os custos envolvidos nas diferentes etapas da AIA correm por conta do proponente, incluindo todas as despesas referentes a:

- Preparação do estudo de impacto ambiental e respectiva coleta de dados e informações, análises laboratoriais e pesquisas.
- Divulgação do Relatório de Impacto Ambiental (Rima), com o fornecimento de, pelo menos, cinco cópias, participação do público e realização de audiências públicas.
- Implantação de medidas mitigadoras dos impactos negativos.
- Custos da análise do estudo de impacto ambiental, da emissão da licença e das publicações obrigatórias.

Esperamos que você tenha aproveitado bem esta nossa aula, porque achamos muito importante que possamos acompanhar apropriadamente a evolução das questões legais relativas ao nosso meio ambiente.

RESUMO

Nesta aula, você conheceu as principais medidas internacionais e nacionais, com relação à preservação ambiental. Além disso, aprendeu que temos de tomar decisões rápidas e consistentes, com base nos processos de interdependência que ocorrem em todos os sistemas abertos aos fluxos de energia e à circulação de matéria.

AUTO-AVALIAÇÃO

Se, após o estudo desta aula, você se sente capaz de discutir criticamente nosso atual modo de produção como um conjunto de atividades potencialmente poluidoras;

se conseguiu avaliar corretamente a importância da biodiversidade para a permanência dos ecossistemas;

se entendeu os principais instrumentos de avaliação e licenciamento das principais atividades potencialmente poluidoras...

Parabéns! Você está preparado para a próxima aula. Resolva os exercícios que se seguem, procurando sempre discutir com seus colegas e tutores para enriquecer suas opiniões e críticas.

EXERCÍCIOS

1. Cite as mais importantes semelhanças entre ecossistemas e comunidades humanas.
2. Onde você identifica um desacordo entre ecologia e economia?
3. Os safáris foram responsáveis por uma das primeiras preocupações com danos causados ao meio ambiente por atividades humanas. Cite medidas adotadas em encontros internacionais para minimizar esses danos.
4. Qual a importância da ONU no contexto ambiental internacional?
5. Qual foi a mais importante contribuição da FAO para a questão ambiental?
6. O que você entende por capitalismo verde?
7. Qual o principal objetivo da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD)?
8. Qual a definição de diversidade biológica no contexto da Convenção sobre Diversidade Biológica?
9. Quais os principais fatores que afetam a diversidade biológica?
10. O que você entendeu por “efeito de borda”?
11. O que quer dizer a expressão utilizada em Direito “interesse difuso”, em relação ao meio ambiente?
12. Qual é a principal característica da Responsabilidade Objetiva no Direito Ambiental?
13. O que é Licença Prévia (LP)?
14. Defina Licença de Instalação (LI).
15. O que é a Licença de Operação (LO)?

Medidas de Conservação do Meio Ambiente: solo, água e ar.

AULA

25

objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Compreender que a degradação dos recursos naturais pode ser evitada.

Para isso, deve-se considerar que:

- nas atividades industriais deve ser valorizado, por exemplo, o uso de fontes de energia limpa;
- o uso agropecuário da terra, embora associado à degradação dos solos e dos recursos hídricos, pode se realizar com minimização de impactos;
- em geral, a adoção dos usos da terra deve ser precedida das atividades de diagnóstico, planejamento e zoneamento ambiental;
- seja em relação ao ar, à água ou ao solo, contamos com tecnologias alternativas ambientalmente saudáveis cuja utilização deve ser estimulada.

INTRODUÇÃO

MONITORAMENTO

É o acompanhamento da evolução de características e fenômenos ambientais. Pode detectar alterações possivelmente atribuídas a fontes poluentes e dar o alerta em caso de impacto.

O solo pode sofrer degradação por processos de salinização, de poluição pelo excesso de fertilizantes e pesticidas, pela acumulação de resíduos sólidos e pela erosão. A **água** sofre impactos quantitativos, pelo uso excessivo, e impactos qualitativos, pela poluição. Também os problemas ambientais referentes à **atmosfera** são problemas de poluição. De uma maneira geral, o controle da poluição requer atividades de **MONITORAMENTO** das fontes de poluição, evitando-se acidentes ou a ultrapassagem de limiares críticos. Outro ponto a se enfatizar é a necessidade de desenvolvimento e adoção de **tecnologias alternativas ambientalmente saudáveis**.

Nesta aula, abordaremos a questão das medidas de conservação em relação aos impactos ambientais que atingem esses três importantes componentes ambientais – ar, água e solo. Cada um deles será visto isoladamente. Contudo, não podemos deixar de lembrar que estes três componentes interagem. Por exemplo, a queima do lixo resolve o problema da acumulação de resíduos sólidos no **solo**, transferindo-o para a atmosfera que receberá os produtos da queima. Ou então, as atividades que envolvem a queima de combustíveis fósseis poluem a **atmosfera** com dióxido de enxofre e com monóxido e dióxido de nitrogênio. A **chuva ácida** (ver aula 16) devolve, então, os efeitos prejudiciais das substâncias liberadas à **superfície terrestre**. Assim, a busca de soluções para os problemas ambientais gerados pelo homem deve se basear em uma perspectiva integrada desses três componentes.

ATMOSFERA

A poluição atmosférica é facilmente percebida devido às alterações no odor e em outras propriedades físico-químicas do ar. Ela tem efeitos sobre os materiais das construções, mas também pode trazer sérios problemas de saúde, além de afetar fauna, flora e ambientes aquáticos. Corresponde a partículas sólidas, gotículas ou gases dissolvidos, partículas ou substâncias nocivas lançadas diretamente ao ar, ou outras que se formam na própria atmosfera por reações químicas ou fotoquímicas.

A queima de biomassa e de combustíveis fósseis é a principal vilã da poluição atmosférica. Segundo Branco & Rocha, 1987, p.54, “aproximadamente 98% da energia utilizada pelo homem, em suas atividades domésticas, industriais e outras, é obtida a partir da queima dos combustíveis.”

Embora processos industriais (particularmente as siderúrgicas, petroquímicas, indústrias de cimento etc.) e outras atividades tenham também peso na poluição atmosférica, os meios de transporte são os que mais contribuem. Sendo assim, o controle da poluição depende, em grande parte, do desenvolvimento de sistemas de transporte mais eficazes no que diz respeito à relação custo/benefício, e menos poluentes.

O desenvolvimento e adoção de fontes energéticas alternativas menos poluentes é outra prioridade nestas medidas. As marés, o vento, o sol, a energia geotérmica (calor proveniente do interior do planeta), a biomassa e os biodigestores são considerados fontes alternativas que estão tendo um grande desenvolvimento e devem tornar-se cada vez mais importantes. As fontes de *energia limpa* deverão ganhar prioridade em detrimento daquelas poluidoras. Em termos de combustível para veículos, o álcool, mas também e, principalmente, a produção de óleos vegetais que podem ser extraídos da mamona, do babaçu, do dendê, da soja, do algodão, do girassol etc. são propostas promissoras dependentes de mais pesquisa.



Antes da instalação de atividades no ambiente, deve ser feito um **diagnóstico** da área, devendo-se **prever** os **impactos ambientais** que possam acontecer. Na instalação de atividades industriais, potencialmente poluidoras da atmosfera, são essenciais estudos da circulação atmosférica.

De um modo geral, um adequado **planejamento** do uso da terra é importante para se evitar a degradação ambiental, prevenindo danos, ou pelo menos minimizando-os. O planejamento ambiental leva em consideração a **capacidade de suporte**, **potencialidades e fragilidades** (limites) dos recursos naturais. Deve proteger as áreas de **riscos ambientais** como riscos de inundação, deslizamentos e erosão dos solos.

Uma última providência geral seria um **planejamento territorial** e **zoneamento** de atividades poluentes que levem em conta o estabelecimento de áreas de proteção sanitária, direção de ventos predominantes, localização seletiva de indústrias de acordo com o seu potencial poluidor (descentralização industrial), rapidez de tráfego, evitando-se engarrafamentos etc. No final da década de 70/início de 80, ficou tristemente famoso o caso de Cubatão, no estado de São Paulo. A localização e concentração de indústrias altamente poluentes em área onde, por condições geográficas, é pequena a movimentação do ar no nível da superfície, levou à criação de um bolsão de ar quente e submeteu a população a inversões térmicas sufocantes. Os efeitos atmosféricos

refletiram-se, também, em destruição, pela chuva ácida, da cobertura florestal que protegia as encostas, desencadeando deslizamentos de encosta em série, além de gerarem graves e lamentáveis problemas de saúde na população da região, com casos de malformação congênita. Faltou planejamento e uma perspectiva geográfica.

ÁGUA

Se nosso objetivo é a conservação dos recursos hídricos, precisamos conhecer e compreender as formas e mecanismos básicos de seu esgotamento e de sua degradação.

A água doce disponível pode sofrer impactos **quantitativos** decorrentes de interferências que fazemos no **ciclo hidrológico**. A pavimentação e impermeabilização dos terrenos, o mau uso dos solos agrícolas e o superpastoreio (pastagens com excesso de gado) que geram compactação dos solos e, principalmente, o desmatamento interferem **reduzindo a infiltração** da água no solo e a conseqüente recarga dos lençóis subterrâneos que garantem os mananciais. A redução da infiltração gera um **aumento do escoamento superficial** e todas as suas conseqüências (ver aula 19).

O **uso excessivo**, seja das **águas superficiais**, seja da água **subterrânea** para irrigação na agricultura, ou para outros usos, implica em desvios de rotas do ciclo hidrológico e tem conseqüências ecológicas e ambientais em geral, além da própria redução da disponibilidade e comprometimento da continuidade de seu uso pelo homem. Busca-se, hoje, um uso mais eficiente do recurso hídrico, com menos desperdício. Na aula 21, que abordou sistemas agrícolas, já falamos da importância de se adotar estratégias de maior eficiência no uso da água para irrigação.

Por último, a redução da disponibilidade do recurso hídrico se dá pela degradação de sua **qualidade**. A poluição das águas superficiais, assim como a contaminação dos lençóis freáticos, através da poluição dos solos, comprometem seu uso pelo homem.

Bem, os recursos hídricos já foram tema de várias aulas no Módulo 3, Grandes Temas em Biologia, que trataram, inclusive, de medidas de controle de sua degradação, e, também, nas aulas 16, sobre recursos naturais, e 18, sobre poluição. Não queremos aqui fatigá-lo com repetições.

Contudo, o objetivo de abordar aqui medidas de conservação nos leva a apontar, ainda, a importância de se considerar a água como um **bem cíclico**, que incorpora a noção de sua natureza finita e de que qualquer desvio implicará em redução de sua disponibilidade em algum outro lugar; e a perspectiva da água como um **fator limitante** (ver aula 4) para o homem (Odum, 1985). Estas perspectivas constituem um passo importante para a conscientização sobre a necessidade de sua preservação e permitem que a sociedade tenha uma postura mais adequada quanto ao uso e sustentação dos recursos hídricos.

SOLOS

Embora o solo possa também sofrer processos de poluição, além de outras formas de degradação, a erosão é o processo de degradação que mais amplamente atinge os solos.

Você viu na aula 19 que os processos erosivos estão relacionados principalmente ao impacto da gota de chuva e à água de escoamento superficial. Durante aquela leitura, foi possível perceber que a taxa de erosão depende da *cobertura vegetal* e da *declividade das encostas*. É fácil compreender que a erosão depende também das características das *precipitações*. Vimos que a vegetação interfere na relação da chuva com o solo. Então, é claro que as *propriedades do solo* são também importantes para controlar o processo erosivo. Esses são os *fatores controladores* da taxa da erosão.

Bem, então a **conservação do solo** pode ser feita através do manejo dos fatores controladores da erosão. As precipitações escapam ao nosso controle, mas, quanto aos outros fatores, eles podem ser manejados de forma menos prejudicial. Isto tem a ver com o **USO DA TERRA** e **práticas de manejo dos sistemas agrícolas e de pastagem**.

Em síntese, os preceitos mais fundamentais são os de evitar o impacto da gota e aumentar a resistência do solo a seus efeitos, assim como evitar o escoamento superficial. Nem sempre podemos evitar a ocorrência do escoamento superficial, que vai depender bastante da intensidade e duração das precipitações. Mas havendo este escoamento, precisamos reduzir sua força erosiva. Vamos por partes.

Para evitar o **impacto da gota**, você sabe que é essencial uma **cobertura protetora do solo** (lembre-se da aula 19). Esta cobertura

USO DA TERRA

É através do uso que o homem faz da terra que se realiza a relação homem - natureza.

pode ser pela presença da *planta* ou por matéria orgânica morta, *restos culturais* que façam o papel da serrapilheira. Nos dois casos, há efeitos colaterais benéficos, como manter-se a fonte de matéria orgânica que trará benefícios às condições do solo, assim como a proteção também em relação à radiação, influenciando na umidade, temperatura e vida do solo.

Já que falamos da matéria orgânica, entre seus benefícios inclui-se a estabilidade dos agregados. Isto é, o húmus, que é material coloidal, une as partículas do solo em agregados de forma muito eficiente, conferindo, a estes agregados, bastante **resistência** aos efeitos desagregadores da gota de chuva.

E, continuando o assunto, é sempre bom lembrar que a queimada destrói a matéria orgânica!

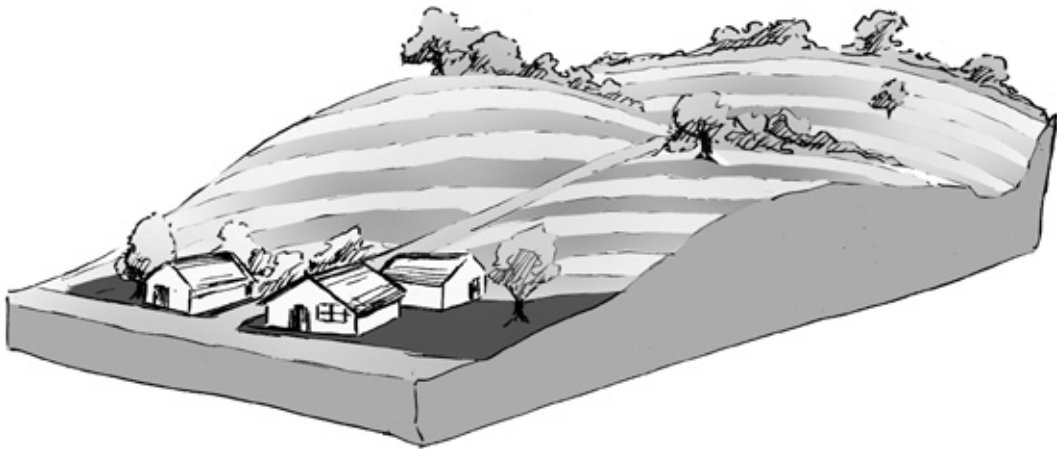


Figura 25.1: Cultivo em faixas alternadas: são intercaladas culturas de diferentes densidades.

Agora, retomando o *fio da meada*, a desejada redução da exposição do solo pode se dar também através de um *menor espaçamento da cultura* (adequação da densidade e distribuição espacial), ou pelo uso de *culturas protetoras* ou *plantio consorciado*, intercalando-se faixas de diferentes culturas. Devem ser plantas com sistemas radiculares diferentes, explorando diferentes profundidades do solo, que não entrem em competição, enfim, por água e nutrientes, e que sejam resistentes a

pragas e pestes que atacam a outra cultura. Podem ser associadas culturas anuais (milho, algodão, soja) com plantas perenes ou semiperenes como o cafeeiro, a cana-de-açúcar, a laranjeira, a seringueira e o cacauzeiro. Árvores e arbustos de sombreamento dão boa proteção e têm vida longa. Quanto maior seu ciclo de vida, menor será o período de exposição do solo.

Uma alternativa a intercalar-se no espaço é intercalar-se no tempo, fazendo-se uma **rotação de culturas**. Alternam-se, em um mesmo terreno, diferentes culturas, em uma seqüência regular. Essa prática também traz vantagens pelo fato de as culturas terem exigências diferentes.

Encostas nuas ao longo de rodovias devem ser evitadas. Um dos recursos é plantar gramíneas de raízes profundas e de grande capacidade de absorção de água.

Todas estas **práticas vegetativas** procuram cobrir o terreno com árvores, folhagens ou resíduos vegetais, imitando, portanto, a natureza.



Figura 25.2: Plantio direto de soja. Observe a presença da palha na entrelinha.

A preocupação seguinte é a de **evitar o escoamento superficial**. Manter a qualidade do solo, responsável pelo favorecimento da infiltração das chuvas, é estratégia muito importante. Isto nos leva a enfatizar, mais uma vez, o *papel protetor da vegetação*. Manter a qualidade do solo significa manter ou até melhorar a estrutura e porosidade e, com isso, a drenagem interna do solo. Nesse sentido, muito importante é a *adição de matéria orgânica* que, como vimos na aula 19, está associada à formação dos agregados que produzem espaços porosos. A *adubação verde* que corresponde ao plantio e posterior enterramento de leguminosas, além de atender a este objetivo, ainda contribui ao enriquecimento mineral do solo, inserindo o nitrogênio fixado da atmosfera por organismos simbiotes do gênero *Rhizobium*.

Anda na moda o *plantio direto*, que é a idéia do *cultivo mínimo*. Sem aração, mantêm-se os restos do cultivo anterior. A *adubação com esterco* é prática antiga de efeitos comprovados. Além da melhoria da fertilidade e estrutura do solo, isto permite uma eficiente economia interna nas unidades de produção que associem a agricultura com a pecuária.

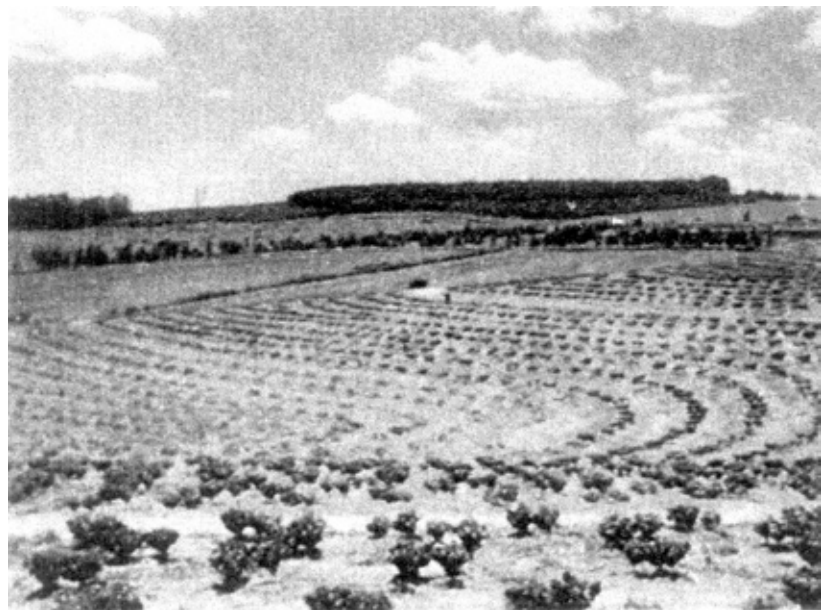


Figura 25.3: Plantio em contorno em cafezal.

A terceira medida de conservação do solo inclui práticas que permitem reduzir a força erosiva do escoamento superficial. **Controlar o escoamento superficial** significa reduzir sua velocidade e, com isso, seu poder erosivo. Em terrenos íngremes, tem de haver um controle

sobre o ritmo de escoamento das águas. Para isso, são recomendados os *cultivos em faixas de nível* (plantio em contorno), isto é, no sentido perpendicular à encosta e não no sentido *encosta abaixo*. Assim, a própria cultura retém, temporariamente, a água, fazendo com que ela penetre mais pelo solo ao invés de abrir caminho para a descida das águas pela encosta. Este papel pode ser exercido, também, por uma faixa de vegetação permanente ou de retenção, um *cordão vegetal*, que funciona como barreira física.

A modificação da morfologia da encosta, procurando corrigir os declives muito acentuados, também pode reduzir a velocidade das águas pela interceptação das águas das enxurradas. Pode se dar pela construção de *terraços* (como degraus de uma escada), para encostas com determinados declives, ou pelo *embaciamento*, onde a construção de pequenas depressões entre cada linha de cultura perene (é mais recomendado para as culturas perenes) favorece o acúmulo e a infiltração da água. No caso dos terraços, deve-se ter canais escoadouros nas encostas, isto é, um sistema de coleta e drenagem do excesso de águas pluviais. Às vezes, é usado um escoamento temporário com vegetação própria cujo sistema radicular seja bem agregado ao solo, resistindo ao arraste de enxurradas.

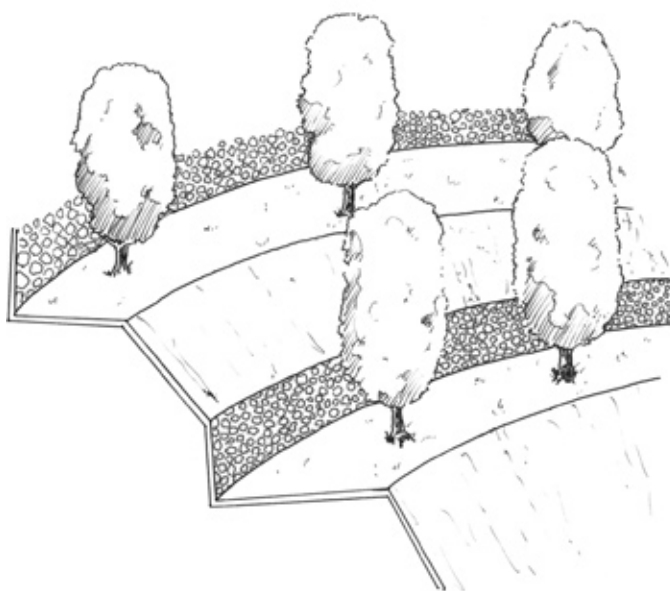


Figura 25.4: Terraço do tipo patamar.

Em geral, estas propostas associam **práticas de caráter mecânico**, que requerem maiores recursos financeiros pelo uso de maquinaria, com as práticas vegetativas.

CURVA DE NÍVEL

Linha que une pontos de mesma altitude.

Estas linhas são paralelas entre si e representadas nos mapas topográficos com diferença regular, isto é, equidistância.

Uma recomendação também importante não só para se reduzir o risco de erosão, mas para evitar o esgotamento ou degradação do solo é o **ajustamento** a sua **capacidade de uso**. Cada solo tem um limite máximo de possibilidade de uso, além do qual a exploração significará uma perda desta capacidade. Esta limitação de uso pode, inclusive, ser decorrente da condição topográfica. Por exemplo, tratando-se de um solo em uma encosta de grande declividade, o melhor e menos comprometedor uso será aquele que mantiver a cobertura florestal protetora, como uma área de lazer.

Aliás, aproveitando a deixa, em relação a qualquer recurso natural, como vimos na aula 16, a opção de uso ou exploração deve ter sempre em vista a capacidade de uso ou sua capacidade de suporte. Ir além dela, significará degradação ou esgotamento do recurso.

RESUMO

O **controle da poluição atmosférica** depende do desenvolvimento e adoção de fontes energéticas alternativas, as **fontes de energia limpa**. São também importantes um **planejamento territorial** e **zoneamento** que definam as melhores áreas para o estabelecimento de atividades poluentes, minimizando-se os impactos negativos.

A **conservação dos recursos hídricos** demanda a consideração de sua natureza finita e de que sua renovação depende do **ciclo hidrológico**. Assim, controlar as interferências diretas ou indiretas no caminho da água em seu ciclo; usar a água com mais eficiência e cuidar para que não haja degradação desse recurso através de poluição podem ser as regras básicas para a sua conservação.

A **conservação do solo** implica em controle de processos erosivos, a causa mais generalizada de sua degradação, o que pode ser feito através de:

- Proteção a ser dada à superfície do solo.
- Melhoria da estrutura e drenagem interna do solo.
- Controle do escoamento superficial.

O **ajustamento à capacidade de uso do solo** é também recomendação importante no sentido de sua conservação.

Seja em relação ao ar, à água ou ao solo, contamos com tecnologias alternativas ambientalmente saudáveis cuja utilização deve ser estimulada.

EXERCÍCIOS

1. Quando pensamos no papel dos automóveis na poluição atmosférica, pensamos em combustíveis alternativos e, em relação a indústrias, apontamos a necessidade de zoneamento.

Qual a importância de cada uma destas providências?

2. Se você habita uma região onde a fonte principal de água é a água subterrânea, que cuidados você proporia para o uso da terra?

3. Os processos erosivos estão relacionados ao impacto da gota de chuva e à água de escoamento superficial. Os fatores controladores da erosão estão relacionados às propriedades dos solos, características das encostas, do regime das chuvas e da cobertura vegetal.

Como este conhecimento pode contribuir para que o uso agrícola da terra não implique na degradação do solo? Proponha práticas agrícolas adequadas a esse fim.

4. Por que seria vantajoso manter os restos culturais no solo?

Elementos de Ecologia e Conservação

Gaboarito

1. A distribuição de organismos pode ser explicada tanto por causas históricas da espécie quanto por fatores do meio físico e do meio biológico na atualidade, os fatores ecológicos. Os ambientes onde os organismos evoluem se modificam e atuam selecionando organismos com características que favorecem sua permanência no meio. Parte das distribuições podem ser explicadas por conexões e disjunções de terras e mares num tempo geológico. Grupos de organismos que se isolaram reprodutivamente quando do surgimento de uma barreira, como por exemplo, o surgimento do Oceano Atlântico entre as costas do Brasil e África, e evoluíram formando espécies distintas nos dois continentes. Há vários exemplos que você pode utilizar para comprovar estas relações no passado. Na atualidade, você pode escolher dois biomas e comparar suas características do meio físico, por exemplo, água, temperatura, luminosidade, formas de crescimento, estratificação, considerando fatores ecológicos que limitem ou promovam a distribuição. Vale lembrar que além destas características, há as do meio biológico, como a disponibilidade de alimentos, competição, predação, entre outros. Estes últimos ainda não foram abordados em nosso curso.

2. Você encontra um bom caminho pensando no tamanho, na biomassa destes animais e o que ele deve consumir de alimento diário e anualmente para manter suas atividades vitais. Associado a isto, estabeleça uma relação entre produtividade primária do bioma onde eles são encontrados e o consumo dos herbívoros pastadores e adaptação, que já vimos na Aula 8.

3. Você deve buscar informações sobre fósseis e climas para comprovar que no final do Paleozóico a Índia, a Austrália, a África do Sul e a América do Sul possuíam uma flora de clima temperado. Nesta mesma época o continente do norte, onde hoje se encontra a Índia, possuía flora de clima tropical.

4. As pontes terrestres surgem como facilitadoras da migração de alguns grupos de animais entre duas áreas isoladas anteriormente por um mar. No texto você encontra menção à formação desta ponte e, mais tarde, já no Cenozóico, um exemplo de aumento da área de ocorrência de uma família de gambás e cuícas entre América do Norte e América do Sul. Quando constatamos esta ocorrência, podemos pensar também que estes animais estarão entrando em novos ambientes com ou sem predadores, com ou sem alimentos.

5. a – Floresta Pluvial; b – Tundra; c – Taiga.

6. O caminho para esta resposta está em combinar regime de precipitação, temperatura e as relações entre as diferentes proporções de formas de crescimento dos vegetais nos diferentes biomas.

Aula 15

1. Lembre-se de que por causa do ângulo de inclinação da Terra em relação ao sol, a Terra recebe diária e anualmente quantidades e qualidades diferenciadas de energia entre suas diferentes latitudes. A Tundra, durante o inverno rigoroso, deixa de receber energia do sol durante algumas semanas. Acima dos trópicos, as temperaturas e a precipitação abrigam biomas que possuem as 4 estações bem definidas como forma de resposta biológica aos fatores do meio físico. Durante o outono, antecipando-se ao inverno rigoroso de temperaturas baixas e de difícil obtenção de água, as plantas perdem suas folhas e, desta forma, economizam água, perdendo menos para o ambiente do que se tivesse folhas. Lembre também da Aula 2, quando os fenômenos naturais possuem alta frequência de ocorrência, ou seja, se repetem a intervalos pequenos de tempo; os organismos se antecipam ao fenômeno através de adaptações ao período desfavorável, que neste caso gera perda de folhas durante o inverno. Nos biomas tropicais, a estacionalidade é pequena e marcada pelo regime de chuvas. Temos, então, duas estações: uma chuvosa e outra um pouco menos chuvosa. Em outros casos, como na Caatinga, temos uma estação chuvosa e uma seca prolongada.

2. Os nutrientes necessários à manutenção da floresta estão contidos na própria biomassa da floresta. Com altas temperaturas e alta umidade, temos uma alta velocidade de decomposição. A serrapilheira, matéria orgânica acumulada, é rapidamente decomposta e os nutrientes rapidamente liberados e rapidamente reabsorvidos pela rizofera. Faça referências à composição da serrapilheira e da relação sol-planta e cadeias alimentares subsequentes.

3. Devido à localização em baixas latitudes, altas temperaturas, alta umidade, velocidade de decomposição e ciclagem rápida, os organismos se distribuem de forma estratificada e superposta, aumentando a concentração de biomassa produzida por unidade de área. Estabelecer uma relação entre os fatores do meio físico, a estratificação, a produtividade e as cadeias tróficas.

4. Use a resposta anterior, principalmente a estratificação e a possibilidade de oferta da alimentação, local de abrigo de acasalamento, associado à diferenciação de habitats no eixo vertical da floresta pela diferenciação de habitats.

5. Porque o regime de precipitação é diferente. Na Floresta Amazônica, a precipitação chega a 4.000mm por ano, e na Caatinga, a variação vai de 300 a 800 mm por ano. Uma floresta do porte das florestas pluviais tropicais só ocorre onde há altos índices de pluviosidade. Apesar de estar localizada na mesma altitude, existem modificadores locais do clima, que no caso da Caatinga se relaciona a massas de ar que deslocam a umidade trazida do oceano para altas altitudes.

6. Para responder a esta pergunta, elabore uma trajetória diferenciando quais os elementos da cadeia trófica capazes de produzir matéria orgânica, relacionando os fatores físicos e os processos que são comuns aos ecossistemas. Em seguida, diga como as diferenças de concentrações dos fatores podem acarretar a ocorrência de tal ou qual ecossistema.

Aula 16

1. Essas fontes de energia são esgotáveis (não renováveis), e seu uso gera poluição. Essas têm sido razões para a pesquisa e incentivo à utilização de fontes não convencionais de energia, isto é, fontes renováveis.

2. a) Uma cobertura florestal cede matéria orgânica morta e protege o solo da exposição direta ao sol e à chuva. Sua retirada leva à degradação do solo através do processo de erosão (vegetação → solo).

b) O desaparecimento, em uma área, de uma espécie de besouro que seja responsável pela polinização de uma espécie de árvore levará, a longo prazo, ao desaparecimento dessa espécie vegetal nessa área (fauna → flora).

c) A condição de porosidade da camada superficial do solo, a qual é, em boa parte, dependente do húmus, define a capacidade de infiltração da água da chuva no solo. Havendo degradação das condições físicas da superfície do solo, função, por exemplo, do impacto direto das gotas de chuva, menos água se infiltrará, o que levará à diminuição da recarga ou reposição da água subterrânea (solo → água subterrânea).

3. a) A retirada de água subterrânea para consumo em uma taxa superior à de sua reposição pela chuva pode levar a seu esgotamento (exploração excessiva).

b) A redução numérica excessiva da população de uma espécie animal pode levar ao desaparecimento da população (por dificuldades de reprodução, problemas genéticos etc.).

c) A poluição excessiva de um lago pode acelerar sua eutrofização, levando-o a uma situação, naturalmente, sem retorno.

d) Desmatamento seguido da erosão do solo que, conseqüentemente, fica incapaz de permitir novo desenvolvimento da vegetação.

5. Embora o ciclo dê a capacidade de renovar o recurso naquele lugar, o total de água circulante é finito. Qualquer desvio no caminho da água superficial ou subterrânea significará um déficit em relação à quantidade previamente existente naquele local. Isto torna o conceito de recurso renovável, neste caso, relativo.

6. O uso dos recursos naturais deve seguir os preceitos da conservação da natureza que visa, através de um adequado manejo do uso, a atingir um desenvolvimento sustentável. Isto é, garantir as condições de manutenção e desenvolvimento de nossa sociedade atual, mas também das gerações futuras.

Aula 17

1. Aqui, o aluno deve ser conduzido a raciocinar em torno de processos que podem induzir modificações artificiais no ambiente, sem que por isso sejam consideradas poluição. No item 2 da presente aula, serão encontrados bons exemplos dessa dificuldade.

2. Os principais tipos de poluição são: física, química e biológica.

3. Os exemplos são vários. Mas podemos citar o acidente da fábrica de papel em Minas Gerais. Houve inicialmente o derramamento de material tóxico em um rio daquele estado brasileiro. Os efeitos, porém, foram muito mais visíveis em outro ecossistema fluvial, o rio Paraíba do Sul, no Rio de Janeiro, por causa da intercomunicação entre os ecossistemas. A noção a ser passada para o aluno é a de que a biosfera inteira é composta de partes inteiramente interdependentes, porque são sistemas abertos.

4. O problema da poluição sonora é muito importante porque longos períodos de exposição a diversas formas de barulho, mesmo em níveis relativamente baixos, podem ocasionar problemas de saúde humana tais como aumento de pressão arterial, hipertensão, dificuldades para dormir, deficiência auditiva, fadiga e dificuldades de aprendizado em crianças em desenvolvimento, além de diminuição da faculdade de memória e desordens psiquiátricas, incluindo neuroses e estresse.

5. Na classe da poluição visual, porque produz uma alteração desagradável da paisagem, além de impedir a apreensão mental de nomes, plataformas e mensagens, justamente pelo excesso das imagens.

6. O grande conflito quando comparamos a sociedade de consumo ao funcionamento dos ecossistemas é que, para esses últimos, o que é resíduo de um se transforma em recurso do outro, enquanto nas sociedades industrializadas ainda precisamos reciclar resíduos.
7. A poluição de rios e mananciais próximos a solos cultivados ocorre principalmente através do carreamento ou lixiviação de substâncias tóxicas através das partículas de solo, por causa da estreita relação entre esses sistemas.
8. Um fertilizante é toda e qualquer substância que aumenta a produtividade de uma planta.
9. Porque essas plantações são geralmente monoespecíficas, de modo que as interações de automanutenção do sistema passam a não mais existir. Assim, o ataque de pragas pode inviabilizar a planta inteira.
10. O mercúrio metálico não é mais tóxico do que o metil-mercúrio porque este último é cem vezes mais solúvel em gorduras do que o primeiro.
11. Porque as membranas celulares são fosfolipoproteicas. A fase lipídica da membrana é responsável pela absorção do metil-mercúrio, já que esta substância é muito solúvel em gorduras.
12. É o acúmulo de substâncias tóxicas ao longo das cadeias tróficas.
13. Fontes primárias, representadas pelas emissões de materiais particulados na atmosfera, e secundárias, resultantes da combinação das fontes primárias com constituintes naturais da fase gasosa atmosférica.
14. O acúmulo de CO_2 na atmosfera em todo o mundo reduz a perda de calor da Terra para o seu meio ambiente próximo, daí a analogia com uma estufa, ou seja, a temperatura tende a aumentar em todos os sistemas que se localizam abaixo dessa camada.
15. A floresta amazônica absorve uma grande quantidade de CO_2 , o principal causador do efeito estufa, em seus processos de respiração. Se ocorre um grande desmatamento e processos de ocupação desordenados, a quantidade de CO_2 aumentará muito na atmosfera.

16. É o acúmulo de nutrientes nos rios, lagos e mares através dos lançamentos orgânicos de esgotos humanos.

17. A maré vermelha é um grande processo de reprodução das microalgas dinoflagelados, por causa da disponibilidade de nutrientes em corpos aquáticos eutrofizados. Isso termina por consumir todo o oxigênio dissolvido na água, matando todos os organismos do sistema, inclusive os próprios microorganismos.

Aula 18

1. Esse ecossistema recebe uma grande quantidade de efluentes domésticos do município de Macaé. Além disso, ele é utilizado para esportes náuticos, banho e pesca artesanal.

2. Essa lagoa tem recebido, ao longo de décadas, grande quantidade de aterro na margem norte. Além disso, o desmatamento provoca o assoreamento da bacia de drenagem, fato que, juntamente com a abertura artificial da barra, aumenta a velocidade das águas do rio Imboassica, aumentando o transporte de material particulado para o interior da lagoa. Mas uma das mais importantes interferências antrópicas nesse sistema é o despejo de efluentes doméstico em seu interior.

3. Processo de acúmulo de nutrientes, promovendo o crescimento demasiado de organismos aeróbicos, o que ocasiona um déficit de oxigênio no sistema, desestabilizando a cadeia alimentar.

4. Elas são responsáveis diretas pelo déficit de oxigênio no processo de eutrofização, uma vez que são organismos aeróbicos, consumidores de oxigênio.

5. São nutrientes responsáveis pelo aumento da biomassa vegetal, aumentando a concentração das algas microscópicas.

6. O maior problema é que o aumento da biomassa vegetal, provocado por esse acúmulo, não é acompanhado de um consumo correspondente ao longo da cadeia alimentar. Então, a maior parte dessa biomassa morre e libera gases tóxicos, como o metano e o gás sulfídrico, no processo de decomposição.

7. Porque essa estação de coleta se localizava mais próxima do canal de despejo dos efluentes na lagoa.

8. Porque esse ponto estava localizado no canal de efluentes domésticos, com grande aporte de nutrientes como nitrogênio e fósforo.

9. Essa planta atua como reservatório de nutrientes e energia, além de desempenhar um papel depurador dos efluentes domésticos.

10. Fazer passar os efluentes domésticos por canais densamente colonizados por macrófitas aquáticas, como a *Typha domigensis*. Empreender estudos sobre técnicas de engenharia e hidráulica, para a obtenção de um modelo eficiente de vazão, para escoar água nos períodos de fortes chuvas. Empreender estudos ecológicos para identificar o papel do canal extravasor no intercâmbio de espécies entre o mar e a lagoa.

Aula 19

1. Em geral, a cobertura existente é de gramíneas, logo, ou o terreno parece abandonado, ou ele faz parte de uma área de pastagem. Se houver pequenos patamares, como degraus, perpendiculares à declividade da encosta, devem ter sido originados do pisoteio do gado na encosta.

2. A matéria orgânica morta depositada sobre o solo servirá de alimento para uma variedade de organismos do solo que a transformarão em húmus. O húmus promove a ligação entre partículas minerais do solo, reunindo-as em agregados. Quando isso acontece, abrem-se espaços porosos entre esses agregados, aumentando a permeabilidade do solo. Assim, serão favorecidas a entrada de água no solo e sua movimentação interna, devido à força de gravidade.

3. Na presença da floresta, maior proporção da água da chuva poderá se infiltrar e, assim, menos dela seguirá escoando pela superfície.

Sem a cobertura vegetal, a imediata degradação da superfície do solo pelo impacto da gota de chuva, assim como a ausência de suas outras contribuições à infiltração da água da chuva*, maior será a proporção que seguirá pela superfície do solo, através do escoamento superficial.

Contudo, é bom lembrar que outros fatores também interferem nesta proporção, como a declividade, favorecendo o escoamento imediato pela superfície, ou as características da precipitação. É lógico que em chuvas intensas ou prolongadas, a capacidade de saturação do solo se esgotará mais rapidamente e, a partir daí, se estabelece o predomínio do escoamento superficial em detrimento da infiltração, mesmo na presença da floresta.

** Através da serapilheira que armazena temporariamente a água, cedendo-a mais lentamente ao solo; através das raízes que "abrem caminhos" para a infiltração e pela doação de grande quantidade de matéria orgânica ao solo.*

4. Na presença da floresta, a água da chuva que mais facilmente se infiltra no solo, chega, então, em maior proporção ao lençol freático, juntando-se à água subterrânea. Esta se move acompanhando o relevo, embora muito lentamente. Havendo a chance de encontrar uma saída, esta água aflora, produzindo-se uma nascente de um rio. Este rio receberá a água da chuva que cair diretamente sobre ele, assim como a água sobre as encostas adjacentes. Mas, na ausência da chuva, ele continuará existindo.

Na ausência da cobertura vegetal, a maior parte da água da chuva corre imediatamente, através da superfície do solo, para os rios. Assim, a via indireta, que incluía a passagem através do solo e o caminho junto à água subterrânea, é quantitativamente reduzida.

5. Creio que a resposta anterior já esclarece. Só é necessário enfatizar que, em decorrência daquele súbito fluxo de um grande volume de água que chega ao rio durante e imediatamente após uma precipitação, o volume ultrapassa a capacidade da calha ou leito do rio e extravasa.

6. Também já foi em parte explicado na resposta à questão nº 4. A redução da quantidade da água subterrânea leva ao rebaixamento do nível do lençol freático. Se este nível ficar abaixo da altura do ponto de saída da fonte, isso significará o ressecamento do curso de água, permanentemente ou, pelo menos, durante a estação da estiagem.

Aula 20

1. O próprio texto cita o uso balneário das praias da Baía e a atividade portuária, estaleiros, navegação e pesca. Lembremos também das coletas de siris, caranguejos e camarões que são fonte de recursos para as comunidades locais.

2. Erosão nas encostas durante as precipitações → o escoamento superficial traz os sedimentos até os rios → assoreamento → redução de sua capacidade de recepção do excedente hídrico que normalmente vem durante as precipitações.

3. Nas características de seu substrato constituído de material fino trazido pelos rios que se depositam no contato com o mar. Em suas “funções”: exportação de detritos orgânicos; habitat para reprodução, alimentação e desenvolvimento de espécies marinhas, contribuindo, destas duas formas, para a produtividade dos ecossistemas costeiros. E também por seu papel de filtro de sedimentos.

4. Neste período, cresceram a população e seus despejos, cresceram a ocupação e transformação dos terrenos com atividades de desmatamento, interferências diretas nos cursos de água e impermeabilização dos terrenos. Cresceram, também, as atividades industriais e, conseqüentemente, o despejo de rejeitos tóxicos.

5. Nas partes mais elevadas, a declividade maior implica maior velocidade do fluxo e, com isso, maior força erosiva. O rio cava principalmente em profundidade. Na planície, com mínima declividade, seu trabalho predominante é o de deposição.

A profundidade é pouca, e o rio se espraia (além disso, o terreno sedimentar, de baixa resistência, favorece a formação dos meandros. É aumentando seu comprimento, neste curso sinuoso, que o rio “equilibra” ainda alguma força com que ele desce as encostas).

6. Época das chuvas x época seca → diferentes proporções da contribuição do escoamento superficial decorrente diretamente da chuva. Esta maior proporção da contribuição do escoamento superficial durante a época das chuvas, além de aumentar a vazão dos rios, incrementa sua carga sólida, pois é maior seu trabalho erosivo sobre as encostas.

7. A exportação de detritos orgânicos e sua utilidade como habitat para reprodução, alimentação e desenvolvimento de espécies marinhas, contribuindo, dessas duas formas, para a produtividade dos ecossistemas costeiros. É também importante por seu papel de filtro de sedimentos, retendo sedimentos que, no caso da Baía de Guanabara, contribuiriam para incrementar seu assoreamento.

1. e 2. Porque eles dependem, para sua continuidade, da entrada de fertilizantes, pesticidas, e água, além da energia utilizada diretamente no trato da terra (energia humana ou de combustível para a aração etc.) e na produção e transporte destes elementos.

Por outro lado, além da exportação do resultado de sua produção primária líquida, o alimento produzido, os excedentes destes elementos (fertilizantes, pesticidas e água) e os próprios sedimentos do solo (na erosão) são também exportados através do veículo água. São criados, assim, problemas ambientais em outros ecossistemas como os cursos e corpos de água, que são poluídos e assoreados, mas também sistemas terrestres em que se busca acesso à água subterrânea. No caso dos sedimentos, só para completar, seu transporte pode se dar também pelo vento.

3. A nossa pretensão deve ser de controle da população do inseto, pois sua extinção local, além de difícil, é ecologicamente perigosa. Provavelmente essa população tem outras ligações tróficas e outras formas de interação biótica que seriam desestruturadas, com conseqüências imprevisíveis.

4. A súbita liberação da quase totalidade dos nutrientes minerais contidos na biomassa, que não poderão ser imediatamente absorvidos, implicará grande perda desse capital, desse ecossistema. A combustão da matéria orgânica e as perdas da comunidade biótica do solo correspondem, também, à destruição do capital que participa da regeneração do sistema.

5. e 6. Nos sistemas agrícolas convencionais, a tendência se direciona para a mínima diversidade de espécies a nível dos produtores primários, com a monocultura. A diversidade de espécies dos animais herbívoros e carnívoros pode também ser afetada, direta ou indiretamente, pelo uso indiscriminado de pesticidas, além, é claro, pela redução na variedade de oferta no nível dos produtores primários. No solo, a monocultura e a não reposição da matéria orgânica também podem gerar redução da diversidade da comunidade edáfica.

Nos sistemas alternativos, procura-se aumentar a diversidade de produtores com espécies não competidoras, visando à redução do esgotamento dos recursos do solo e de sua exposição. Isso pode se dar pela rotação de culturas, culturas consorciadas, ou agrossilvicultura.

7. Através da manutenção da matéria orgânica no sistema (restos culturais = palha, sistemas mistos agricultura-pecuária, adubação verde). Também manejar a fertilidade do solo através da manipulação de bactérias (FBN), fungos (micorrizas) etc.

8. Mantendo a máxima preservação possível de **componentes e processos** ecológicos dos sistemas naturais (decomposição e reciclagem de materiais).

Aula 22

1. Possíveis produtores primários seriam: algas do fitoplâncton e macrófitas aquáticas. Produtos da floresta como sementes, frutos e material foliar caídos na água ou carregados durante as fases de inundação podem também alimentar animais que atuem como consumidores primários. E detritos orgânicos, tanto de origem na própria água (do fitoplâncton, por exemplo), quanto vindo da floresta ou das macrófitas aquáticas podem ser base para cadeias detriticas.

2. - fitoplâncton → zooplâncton → peixes planctófagos

- sementes da floresta de igapó → peixe → jacaré

- detritos orgânicos → bactérias → zooplâncton que sedimenta → macroinvertebrados bentônicos → peixes bentófagos.

- detritos orgânicos no sedimento → macroinvertebrados bentônicos → peixes bentófagos → piranha.

3. A época das cheias implica maior interação lago/floresta que traz nutrientes ao lago, acelerando a produção primária pelo fitoplâncton, e produtos da floresta como frutos, sementes e serrapilheira que vão acelerar o desenvolvimento dos peixes que deles se alimentam. Assim, o fluxo de energia e a ciclagem de materiais do lago e da floresta marginal ficam mais intimamente interligados.

4. Em relação à dinâmica dos nutrientes, tanto a coluna d'água quanto o sedimento participam do processo de ciclagem, já que se intercomunicam. Por exemplo, a sedimentação da matéria orgânica particulada retira energia e materiais da coluna d'água levando-os ao substrato, acoplando cadeias alimentares planctônicas e bentônicas. Em contrapartida, a ressuspensão de sedimentos ocasionada pelos ventos leva materiais do sedimento à coluna d'água. Além desses, processos químicos que ocorrem na interface entre o sedimento e a coluna d'água resultam na liberação ou na retenção de nutrientes fundamentais para a manutenção de outros processos vitais para o sistema, como a produção de matéria orgânica pelo fitoplâncton.

Assim, o recobrimento do sedimento natural por uma camada de argila bloqueia tais processos físico-químicos que ocorrem nessa interface, implicando em redução de nutrientes circulantes no sistema.

A floresta marginal também participa da ciclagem principalmente como doadora de produtos e detritos orgânicos, além de nutrientes para o lago.

5. Em dois casos, uma mudança do meio abiótico (coluna d'água e sedimento) originou alterações ao longo da cadeia:

- o aumento da turbidez com redução da entrada de luz no ambiente refletiu-se em redução da produção primária pelo fitoplâncton, o que levou a uma redução da densidade do zooplâncton em parte pela baixa da qualidade de seu alimento disponível. E daí em diante, ao longo da cadeia.

- outro exemplo viria do soterramento do habitat para os macroinvertebrados bentônicos, reduzindo sua densidade. Assim, foram prejudicados, pelo empobrecimento da oferta alimentar, os peixes carnívoros que se alimentam da comunidade bentônica.

6. Para a revegetação com espécies arbóreas de igapó, foram utilizadas as seguintes estratégias:

- utilização de areia e também de outros diferentes materiais disponíveis na região (casca de madeira, grama picada, serragem etc.) como fonte de matéria orgânica para recuperação do solo.

- o enriquecimento com “banco de sementes” – transferência de sementes, nutrientes, matéria orgânica e organismos da floresta vizinha para o substrato através da transferência da camada mais superficial do solo logo abaixo da serrapilheira.

- a utilização de “ilhas” de vegetação remanescentes da antiga floresta de igapó soterrada, pressupondo que o sombreamento e restos de detritos e matéria orgânica ofereceriam um substrato de melhor aspecto nutricional e estrutura. Sementes, mudas de plantas de igapó e matéria orgânica eram, então, acrescentadas ao redor dessas pequenas “ilhas”.

Na revegetação com **macrófitas aquáticas**, aquelas caracterizadas por grande produtividade e produção de detritos orgânicos doados ao substrato foram as bem-sucedidas. A colonização por arroz bravo, por exemplo, levou a uma considerável melhoria das condições estruturais e nutricionais do rejeito pela incorporação da matéria orgânica.

1. Se sua resposta contém dados referentes à evolução da área da Biologia Celular e Molecular, além da contribuição efetiva do progresso da química e da microeletrônica, você deve considerá-la correta.
2. Sua resposta deve conter informações relativas à diferença entre o processo adaptativo humano e o dos outros seres vivos. Na adaptação humana, por exemplo, são inseridas técnicas artificiais que suprem nossas deficiências biológicas. Por isso...
3. Na resposta, você deve identificar os dois tipos de melhoramento. Deve se referir às seleções fenotípica e genotípica.
4. A resposta deve incluir uma breve descrição de técnicas de transferência gênica entre espécies diferentes.
5. Se você responder analisando historicamente a separação de cunho cultural que fazemos entre “nós” e os “outros” elementos naturais dos ecossistemas, estará num bom caminho. Para ampliar seu conhecimento a esse respeito, leia o capítulo Seu parente cantando na janela do livro *O Poema Imperfeito*, de Fernandez.
6. Sua resposta pode começar pela análise de que o controle de pragas através de transgênesis pode incluir mais organismos do que deveria.
7. A indústria de eletroeletrônicos não elabora produtos recicláveis. Dessa forma, você deve procurar no item referente a lixo eletrônico presente nesta aula os diferentes componentes de produtos cujo descarte passa necessariamente por uma análise criteriosa de como reciclá-los.
8. Para responder adequadamente a essa questão, você precisa recorrer às nossas discussões iniciais sobre os custos envolvidos na elaboração de produtos “ecologicamente corretos”. Por exemplo: se você usa um produto importado que é, logicamente, fabricado longe da região onde você vive, o fabricante teria de acrescentar um valor ao custo total do produto para recebê-lo de volta (custos de transporte, armazenamento, cuidados gerais) e reciclá-lo. Se todos fizessem assim, tudo bem. Mas... Aí você já tem um bom rumo para sua resposta.
9. Esta é muito simples. Você encontrará muitos dados no item referente à energia nuclear.
10. Observe que a palavra rota, que significa caminho, destino, está utilizada de forma poética, significando o caminho natural das mulheres gerarem filhos. Desse modo, sua resposta deve conter os danos provocados pelas radiações nos organismos e que recaem sobre o processo de reprodução.

1. Tanto os ecossistemas quanto as comunidades humanas são sistemas que exibem os mesmos princípios básicos: são redes que podem ser fechadas sob o aspecto de organização, mas **abertas aos fluxos de energia e de recursos**.
2. Um dos principais desacordos entre **ecologia** e **economia** deriva do fato de que a natureza é cíclica, enquanto nossos sistemas industriais são lineares.
3. Em 1900, a Coroa Inglesa realizou uma reunião internacional em Londres. As medidas adotadas estabeleciam um calendário para a prática da caça. Além desse primeiro encontro, um segundo ocorreria em 1902, destinado à proteção dos pássaros úteis à agricultura. Esse encontro gerou um acordo que **protegia apenas** os pássaros que, segundo os conhecimentos da época, transportavam sementes.
4. Quando a ONU foi criada, entre **suas primeiras ações** estavam aquelas que visavam a **minimizar os aspectos** capazes de desencadear conflitos entre países, como a **falta de alimento** ou o **acesso a recursos naturais**.
5. Foi a elaboração da **Carta Mundial do Solo**, em 1981, que recomendava o uso de novas tecnologias de cultivo para a conservação dos solos.
6. É uma atitude decorrente das novas abordagens científicas, das técnicas e do ambientalismo. O capitalismo verde, **em vez de investigar alterações no modo de produção**, que são geradores dos distúrbios ambientais e de problemas de saúde, abre novas oportunidades para a *reprodução do capital*, propondo soluções técnicas para os problemas decorrentes da produção industrial em larga escala! Surgem, então, novos negócios com a venda de filtros de ar, equipamentos para retenção e tratamento dos dejetos industriais e domiciliares e toda uma parafernália tecnológica que procura minimizar os efeitos do avanço tecnológico.
7. Buscava-se, nessa reunião, a **conciliação de conservação ambiental com desenvolvimento**, pautada no conceito de desenvolvimento sustentável.
8. Diversidade biológica é a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte, compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas.
9. A perda e a fragmentação de habitats, introdução de espécies exóticas, exploração excessiva de espécies de plantas e animais, contaminação do solo, água e atmosfera.

10. Quando uma pequena mata fica cercada por áreas abertas, ocorrem alterações microclimáticas nas periferias dos fragmentos. Em primeiro lugar, chega mais luz solar à periferia dos fragmentos do que ao interior da floresta fechada, e isso faz com que aumente a temperatura do solo e do ar, além de aumentar a claridade. Podem ocorrer extinções locais de organismos adaptados às condições anteriores. Além dessas perturbações, ocorre uma maior exposição aos ventos das árvores da periferia de um fragmento florestal. Desse modo, muitas árvores caem a cada ventania, expondo as que estão mais para o interior do fragmento, fazendo com que esse perca suas dimensões, progressivamente. Com o ressecamento e a insolação, **plantas heliófitas** aumentam sua densidade, à custa de outras plantas adaptadas às condições de sombra do interior da mata. A progressão dessas mudanças fornece ao sistema uma aparência de capoeira, ou seja, uma mata muito danificada e em regeneração.

11. Que o meio ambiente não pertence a cada um individualmente, e sim a todos coletivamente. O interesse está difuso na sociedade, todos têm direito a um ambiente saudável.

12. A responsabilidade objetiva indica que todo aquele que deu causa responde pelo dano, basta provar a **relação causal** entre a atividade produtiva e o dano ambiental. Ela é **objetiva** porque **independe** de um elemento muito subjetivo, a **culpa**. A ausência de culpa não exclui a responsabilidade!

13. É um instrumento do Sistema de Licenciamento Ambiental (SLAP). A **Licença Prévia (LP)** deve ser requerida na **etapa de planejamento da atividade**, quando ainda não foi definida a localização.

14. É a segunda fase do processo de licenciamento de atividades poluidoras. Após o detalhamento do projeto e da definição das medidas e equipamentos de proteção ambiental, a concessão dessa licença autoriza o início da construção do empreendimento.

15. É a terceira fase do processo de licenciamento ambiental. É a licença requerida quando do término da construção e depois de verificada a eficiência das medidas de controle ambiental. Esta licença autoriza o funcionamento da atividade, sendo obrigatória tanto para novos empreendimentos quanto para aqueles anteriores à vigência do SLAP.

1. Aproximadamente 98% da energia utilizada pelo homem é obtida a partir da queima de combustíveis fósseis, e os meios de transporte são os que mais contribuem. Sendo assim, o controle da poluição depende, em grande parte, do desenvolvimento de sistemas de transporte mais eficientes e menos poluentes a partir do uso de combustíveis alternativos, como o uso de óleos vegetais em pesquisa.

Em relação às atividades industriais, também é recomendado o uso de fontes alternativas (fontes de energia limpa), mas são importantes estudos de previsão de impactos ambientais, precedendo sua instalação em qualquer local. Características geográficas, particularmente aquelas relacionadas à circulação atmosférica, além dos aspectos do entorno social e econômico, devem nortear a escolha de locais mais adequados a sua instalação. O planejamento territorial e zoneamento de atividades poluentes devem levar em conta o estabelecimento de áreas de proteção sanitária, direção de ventos predominantes etc.

2. Em primeiro lugar, deve haver a preocupação com a continuidade da recarga deste capital, isto é, com a manutenção das condições da superfície da terra que favoreçam a infiltração da água no solo. Devem ser evitadas grandes superfícies impermeabilizadas e práticas agrícolas que degradem o solo, compactando-o e diminuindo sua porosidade, assim como o superpastoreio, que poderá ter essas mesmas consequências. É também importante a manutenção das áreas florestadas, principalmente em se tratando de área de manancial, isto é, de nascente de rio. No uso agrícola ou pecuário do terreno, deve ser estimulada a adição ou retorno da matéria orgânica. Havendo irrigação, deve-se buscar um sistema eficiente onde haja um mínimo de desperdício.

Em segundo lugar, a preocupação com a manutenção da qualidade desse recurso requer vigilância quanto às formas de poluição do solo. Requer um uso mais eficiente de fertilizantes e pesticidas lançados nos sistemas agrícolas, ou até práticas alternativas ao uso destes últimos. A acumulação de lixo, mesmo em aterros sanitários, deve ser realizada dentro de certas normas que evitem a contaminação dos lençóis freáticos.

3. Os sistemas e práticas de uso agrícola devem preocupar-se em:

– proteger o solo do impacto da gota, por exemplo, através da manutenção dos restos culturais e consorciação de culturas manejo da vegetação.

– manter a estrutura e drenagem interna do solo, facilitando a infiltração da água da chuva, como através da manutenção dos restos culturais e adubação verde ou com esterco → manejo do solo e da vegetação.

– controlar a velocidade do escoamento superficial, particularmente em áreas declivosas, com cultivos em faixas de nível, uso de cordões vegetais, construção de terraços ou embaciamento → manejo da vegetação e das características das encostas.

4. Os restos culturais protegeriam o solo do impacto da gota de chuva, além de ceder matéria orgânica ao solo. Sua decomposição parcial produz o húmus que vai ter importância na estrutura e porosidade do solo, além de conferir estabilidade aos agregados, aumentando sua resistência ao impacto da gota. Havendo escoamento superficial, sua presença na superfície do solo irá controlar sua velocidade e, conseqüentemente, sua força erosiva.

Elementos de Ecologia e Conservação

Referências

FUTUYMA, Douglas. *Biologia Evolutiva*. SBG/CNPq. São Paulo, 1993

KREBS, Charles J. *Ecology*. Harper Collins College Publishers. New York, 1994.

ODUM, E. P. *Ecologia*. Ed. Guanabara, Rio de Janeiro 1988.

RICKLEFS, R. E. *A Economia da Natureza*. Ed. Guanabara Koogan. 3ª ed, Rio de Janeiro, 1996.

SALGADO-LABORIAU, M.L.1994. *História Ecológica da Terra*. São Paulo, Ed. Edgar Blucher Ltda.

SITES VISITADOS

<http://www.minerva.uevora.pt/eschola2002/coniferas.htm>

<http://www.naturlink.pt/canais/Artigo>.

www.ib.usp.br/gra/ffa/ffa-biosfera.htm

www.coltec.ufmg.br/~biomas/importancia.htm

<http://www.unicamp.br/fea/ortega/eco/iuri10a.htm>

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (Brasília, DF). Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal) – PCBAP. Brasília, 1997. Programa Nacional do Meio Ambiente. Projeto Pantanal.

HUECK, K. *As Florestas da América do Sul. Ecologia, Composição e Importância Econômica*. São Paulo, Polígono, Ed. Univ. Brasília. 1972

MC NAUGHTON, S. J. & L. L. Wolf, *Ecologia General*. Ed. Omega. 1984.

ODUM, E. P. *Ecologia*. Ed. Guanabara, Rio de Janeiro. 434p. 1988.

PEREIRA, R.C., Soares-Gomes, A. (organizadores). *Biologia Marinha*. Ed. Interciência. RJ. 382p. 2002

RICKLEFS, R. E. *A Economia da Natureza*. Ed. Guanabara Koogan. 3ª ed, Rio de Janeiro, 470p. 1996.

SILVA, J. dos S. V. da; ABDON, M. de M. *Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 33. p. 1703-1711. out., Número especial. 1998.

SITES VISITADOS

<http://www.mre.gov.br>

<http://www.unicamp.br/fea/ortega/>

http://www.wwf.org.br/bioma/bioma.asp?item=8_caa

http://www.escolavesper.com.br/corais_main.htm figuras

<http://www.netescola.com.br/> recifes de corais

<http://www.cpap.embrapa.br/pantanal.html>

<http://www.animalshow.hpg.ig.com.br/matatlant.htm>

<http://www.unicamp.br/fea/ortega/eco/fotos/htm>

ACIESP. *Glossário de Ecologia*. 1ed. ACIESP, São Paulo. 271p. 1987.

ALHO, C.J. *A teia da vida – Uma introdução à Ecologia Brasileira*. Rio de Janeiro, Objetiva. 160p. 1992.

Aurélio eletrônico. *Aurélio – Século XXI – Versão 3.0*

LIMA-E-SILVA, P.P., Guerra, A.J.T. & Dutra, L.E.D. Subsídios para avaliação econômica de impactos ambientais. 217-261. *In: Cunha, S.B. & Guerra, A.J.T. (orgs.) Avaliação e perícia ambiental*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil.1999.

SEITZ, R.A. *Silvicultura – arte e ciência*. Ciência e Ambiente/UFSM, 1 (1): 33-43.1990.

ALHO, C.J. *A teia da vida – Uma introdução à Ecologia Brasileira*. Rio de Janeiro, Objetiva. 160p. 1992.

LIMA-E-SILVA, P.P., Guerra, A.J.T. & Dutra, L.E.D. Subsídios para avaliação econômica de impactos ambientais. P.217-261. *In: Cunha, S.B. & Guerra, A.J.T. (orgs.) Avaliação e perícia ambiental*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil. 1999.

PEREIRA, S.Y. O caminho das águas. pp. 50-55. *Ciência Hoje na Escola*, 10: geologia. Global/SBPC, São Paulo. 2000.

MENDONÇA, J.L.G. & Carneiro, C.D.R. Água subterrânea: um tesouro ameaçado. pp. 58-63. *Ciência Hoje na Escola*, 10: geologia. Global/SBPC, São Paulo.

SITES VISITADOS

<http://www.ul.com.br/cienciahoje/especial/naturais/altern1.htm>

<http://www.ul.com.br/cienciahoje/especial/naturais/altern1.htm>

www.comciencia.br

“Barragem rompe e polui mangue no Rio”. *Folha de S. Paulo*, 9 de abril de 2003.

“Captação continua proibida”. *Jornal do Brasil*, 11 de abril de 2003.

“Despoluição pode ficar sem recursos”. *Jornal do Brasil*, 11 de abril de 2003.

“Pesquisa ANVISA – 22% dos alimentos estão contaminados”. *Folha de S. Paulo*, 21 de abril de 2003.

BRANCO, S.M. & ROCHA, A.A. *Elementos de Ciências do Ambiente*. Ed. CETESB/ASCETESB, São Paulo, 1987, 206p.

CUNHA, S.B. & GUERRA, A.J.T. (orgs.). *Avaliação e Perícia Ambiental*. Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1999, 266p.

LEIS, H.R. (org.). *Ecologia e Política Ambiental*. Ed. Vozes, Rio de Janeiro, 1991, 183p.

MORIN, E. (org.). *A Religação dos Saberes. O desafio do Século XXI*. Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2002, 588p.

CAPRA, F. *A Teia da Vida*. Ed. Cultrix, São Paulo, 1996, 256p.

ESTEVES, F.A. Lagoa Imboassica: impactos antrópicos, propostas mitigadoras e sua importância para a pesquisa ecológica. *In: Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)*. Francisco de Assis Esteves (Editor), 1998: 401-429.

GUIMARÃES, R. P. A assimetria dos interesses compartilhados. América Latina e a agenda global do meio ambiente. *In: Ecologia e Política Mundial*. Hector R. Leis (org.). Ed. Vozes, RJ, 1999, p. 99-134.

PALMA-SILVA, C. Crescimento e produção de *Typha domingensis* Pers na Lagoa Imboassica. *In: Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)*. Francisco de Assis Esteves (Editor), 1998: 205-220.

PETRUCIO, M.M. & FURTADO, A.L.S. Concentrações de nitrogênio e fósforo da coluna d'água da Lagoa Imboassica. *In: Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)*. Francisco de Assis Esteves (Editor), 1998: 123-133.

PRAST, A.E. & FERNANDES, V.O. Taxas de fixação biológica de nitrogênio na comunidade perifítica em *Typha domigensis* Pers na Lagoa Imboassica. *In: Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)*. Francisco de Assis Esteves (Editor), 1998: 237-246.

COELHO NETTO, A.L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. P.93-148. In: Guerra, A.J.T. & Cunha, S.B.da. (orgs.). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*, 3ª . edição. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil. 1998.

GUERRA, A.J.T. Processos Erosivos nas Encostas. p.149-209. In: Guerra, A.J.T. & Cunha, S.B.da. (orgs.). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 3ª Edição. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil. 1998.

GUERRA, A.J.T. & Botelho, R.G.M. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. *Anuário do Instituto de Geociências*, 19: 93-114. 1996.

LEITURA RECOMENDADA

GUERRA, A.J.T. & Botelho, R.G.M. 1996. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. *Anuário do Instituto de Geociências*, 19: 93-114.

AMADOR, E.S. 1997. *Baía de Guanabara e ecossistemas periféricos: homem e natureza*. E. S. Amador, Rio de Janeiro.

Site da Feema – Programas e Projetos.

GLOSSÁRIO de Ecologia. São Paulo: ACIESP, 1987. 271p. (Publicação ACIESP; n. 57)

SILVA, L.F. *Solos tropicais*: Aspectos pedológicos, ecológicos e de manejo. São Paulo: Terra Brasilis, 1996. 137p.

SWIFT, M.J. Towards the second paradigm: integrated biological management of soil. In: Siqueira, J.O. *et al. Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição das plantas*. Viçosa: SBCS/UFLA/DCS, 1999. p. 11-24.

URQUIAGA, S; BODDEY, R.M.; NEVES, M.C.P. A necessidade de uma revolução mais verde. In: Siqueira, J.O. *et al. Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição das plantas*. Viçosa: SBCS/UFLA/DCS, 1999. p. 175-181.

SITES DE INTERESSE

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. EMBRAPA. Disponível em: www.embrapa.gov.br. Acesso em: 18 jun. 2003.

EMBRAPA. Solos. Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br>. Acesso em: 18 jun. 2003.

LEITURA RECOMENDADA

BLEY JÚNIOR, C. Erosão solar: riscos para a agricultura nos trópicos. *Ciência Hoje*, v. 25, n.148, p.24-29. 1999.

COLOZZI FILHO, A.; BALOTA, E.L.; ANDRADE, D.S. Microrganismos e processos biológicos no sistema plantio direto. In: Siqueira, J.O. *et al. Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição das plantas*. Viçosa: SBCS/UFLA/DCS, 1999. p. 487-508.

SCHUBART, H.O.R.; FRANKEN, W.; LUIZÃO, F.J. Uma floresta sobre solos pobres. *Ciência Hoje*, v.2, n.10, p.25-32, 1984.

SILVA, L.F. *Solos tropicais*: Aspectos pedológicos, ecológicos e de manejo. São Paulo: Terra Brasilis, 1996. 137p.

SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; Lopes, A.S. Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição mineral de plantas: base para um novo paradigma na agrotecnologia do século XXI. In: Siqueira, J.O. *et al. Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição das plantas*. Viçosa: SBCS/UFLA/DCS, 1999. 818p. p.1-9.

SWIFT, M.J. Towards the second paradigm: integrated biological management of soil. In: Siqueira, J.O. *et al. Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição das plantas*. Viçosa: SBCS/UFLA/DCS, 1999. p.11-24.

URQUIAGA, S; BODDEY, R.M.; Neves, M.C.P. A necessidade de uma revolução mais verde. In: Siqueira, J.O. *et al. Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição das plantas*. Viçosa: SBCS/UFLA/DCS, 1999. p. 175-181.

SITES DE INTERESSE

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. EMBRAPA. Disponível em: www.embrapa.gov.br. Acesso em: 18 jun. 2003.

EMBRAPA. Solos. Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br>. Acesso em: 18 jun. 2003.

Aula 22

BOZELLI, R.L. Zooplâncton. In: BOZELLI, R.L.; ESTEVES, F.A.; ROLAND, F. (eds.). *Lago Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico*. Rio de Janeiro: IB-UFRJ/SBL, 2000. p.119-138.

BOZELLI, R.L.; ESTEVES, F.A. Recuperação das Áreas de Igapó Impactadas: Situação Atual. In: BOZELLI, R.L.; ESTEVES, F.A.; ROLAND, F. (eds.). *Lago Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico*. Rio de Janeiro: IB-UFRJ/SBL, 2000. p.263-293.

BOZELLI, R.L.; ESTEVES, F.A.; ROLAND, F. (eds.) Mitigação do impacto: passado, presente e futuro. In: BOZELLI, R.L.; ESTEVES, F.A.; ROLAND, F. (eds.). *Lago Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico*. Rio de Janeiro: IB-UFRJ/SBL, 2000. p. 295-332.

BOZELLI, R.L.; ESTEVES, F.A.; ROLAND, F. (eds.). *Lago Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico*. Rio de Janeiro: IB-UFRJ/SBL, 2000.

CARAMASCHI, E.P.; HALBOTH, D.A.; MANNHEIMER (Falta a inicial do primeiro nome). Ictiofauna. In: BOZELLI, R.L.; ESTEVES, F.A.; ROLAND, F. (eds.). *Lago Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico*. Rio de Janeiro: IB-UFRJ/SBL, 2000.

DICIONÁRIO Aurélio eletrônico: século XXI. Rio de Janeiro: Nova Fronteira/ Lexicon Informática, 1999. CD-rom, versão 3.0.

ESTEVEES, F.A. *Fundamentos de Limnologia*. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1998. 574p.

ESTEVEES, F.A. Princípios ecológicos para mitigação do impacto antrópico. *In*: BOZELLI, R.L.; ESTEVES, F.A.; ROLAND, F. (eds.). *Lago Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico*. Rio de Janeiro: IB-UFRJ/SBL, 2000. p.3-16.

ESTEVEES, F.A.; BOZELLI, R.L.; Roland, F. Lago Batata: Um laboratório de limnologia tropical. *Ciência Hoje*, v.64, p.26-31, 1990.

GLOSSÁRIO de *Ecologia*. São Paulo: ACIESP, 1987. 271p. (Publicação ACIESP; n.57)

HUSZAR, V.L.M. Fitoplâncton. *In*: BOZELLI, R.L.; ESTEVES, F.A.; ROLAND, F. (eds.). *Lago Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico*. Rio de Janeiro: IB-UFRJ/SBL, 2000. p. 89-104.

LEITURA RECOMENDADA

BOZELLI, R.L.; ESTEVES, F.A.; ROLAND, F. (eds.). *Lago Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico*. Rio de Janeiro: IB-UFRJ/SBL, 2000.

ESTEVEES, F.A.; BOZELLI, R.L.; Roland, F. Lago Batata: um laboratório de limnologia tropical. *Ciência Hoje*, v.64, p.26-31, 1990.

Aula 23

BRANCO, S. M.; ROCHA, A.A. *Elementos de ciências do meio ambiente*. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1987. 206p.

FERNANDEZ, F. *O Poema imperfeito: crônicas de biologia, conservação da natureza e seus heróis*. Curitiba: UFPR, 2000. 260 p.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A.J. (Orgs.). *Avaliação e perícia ambiental*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 266 p.

DREW, D. Processos interativos homem-meio ambiente. São Paulo: Difel, 1986. 206p.

FERNANDEZ, F. O *Poema imperfeito*: crônicas de biologia, conservação da natureza e seus heróis. Curitiba: UFPR, 2000. 260 p.

GARAY, I.; DIAS, B. (Orgs.). *Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais*: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento. Rio de Janeiro: Vozes, 2001. 430 p.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

AMADOR, E. *Baía de Guanabara e ecossistemas periféricos*: homem e natureza. Rio de Janeiro: Ed. O autor, 1997.

DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA / UFRJ. *Ecologia Básica*. Rio de Janeiro, 1995. Apostila Teórica.

HUECK, K. *As florestas da América do Sul*: ecologia, composição e importância econômica. São Paulo: Polígono, 1972. 466p.

MC NAUGHTON, S. J.; WOLF, L. L. *Ecologia General*. Barcelona: Omega, 1984. 713p.

NUPEM/UFRJ. *VIII Curso de Educação Ambiental para Professores*. Rio de Janeiro, 2003. Apostila Teórica.

RIO DE JANEIRO (Estado). *Atlas das Unidades de Conservação da natureza do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Metalivros, 2001.

BACCARO, C.A.D. As unidades geomorfológicas e a erosão nos Chapadões do Município de Uberlândia. *Sociedade e Natureza*, Uberlândia, v.6, n.11-12, p.19-33, jan./dez. 1994.

Branco, S. M.; ROCHA, A.A. *Elementos de ciências do meio ambiente*. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1987. 206p.

GUERRA, A.J.T.; GARRIDO, R.G.M. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. *Anuário do Instituto de Geociências*, UFRJ, v.19, p.93-114, 1996.

LEPSCH, I. F. *Formação e conservação dos solos*. São Paulo: Oficina de textos, 2002. 192 p.

ODUM, E.P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1985. 434 p.

GUERRA, A.J.T.; GARRIDO, R.G.M. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. *Anuário do Instituto de Geociências*, UFRJ, v.19, p.93-114, 1996.

LEPSCH, I. F. *Formação e conservação dos solos*. São Paulo: Oficina de textos, 2002. 192 p.

SITE DE INTERESSE

EMBRAPA. Solos. Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br>. Acesso em: 18 jun. 2003.

Serviço gráfico realizado em parceria com a Fundação Santa Cabrini por intermédio do gerenciamento laborativo e educacional da mão-de-obra de apenados do sistema prisional do Estado do Rio de Janeiro.



Maiores informações: www.santacabrini.rj.gov.br



UENF
Universidade Estadual
do Norte Fluminense



Universidade Federal Fluminense



SECRETARIA DE
CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Ministério
da Educação

