

# 19. Lagos

## Principais conceitos

- ▶ Os lagos são fruto de uma depressão produzida na superfície da terra, de forma natural ou artificial, os quais se encontram preenchidos por água confinada.
- ▶ As águas dos lagos encontram-se praticamente paradas e, por tanto, tais meios físicos são conhecidos como **Hábitats Lênticos**.
- ▶ A recarga de um lago provém das chuvas, de nascentes, do derretimento de geleiras e das drenagens superficiais, podendo também ser realizada por todos estes fatores simultaneamente.
- ▶ A **quantidade** de água de um lago depende do clima regional e normalmente é doce, mas existem alguns lagos salgados importantes no mundo, como o Grande Lago Salgado do estado de Utah, EUA.
- ▶ As formas, as profundidades e as extensões dos lagos são muito variáveis e representam feições de duração relativamente efêmera quando comparada à **escala de tempo geológico** de dezenas a centenas de milhões de anos.
- ▶ Em geral não há distinção clara no emprego das denominações lago e lagoa. Embora não exista um limite entre lago e lagoa, comumente o termo lagoa refere-se a um lago de pequenas dimensões. Por outro lado, o termo laguna restringe-se a uma lagoa ou lago com comunicação restrita com o oceano.

J. B. Sigelo

I18\_4471\_F002\_ABERT\_CAP – EM APROVAÇÃO



▲ Lagos duplos no Pantanal do Mato Grosso do Sul. Parque Estadual do Rio Negro – PERN – MS.

# Introdução

Nesta unidade foi apresentada a descrição e importância de alguns ambientes aquáticos, principalmente os localizados em ambientes continentais. Dos diversos tópicos apresentados, devem ser destacados os referentes à água subterrânea (**Capítulo 15**) e os sistemas fluviais (águas superficiais) (**Capítulo 16**). Tal importância está ligada à crescente dependência do ser humano para com a utilização de água doce, essencial não só ao consumo humano, mas também ao desenvolvimento de atividades industriais e agrícolas, além de ser importante aos ecossistemas e às atividades de lazer. Esses reservatórios por diversos motivos, que vão desde a industrialização até o uso e ocupação desordenada do solo, encontram-se alterados química e biologicamente e, portanto,

## A origem dos lagos

Na natureza existem diversos tipos de lagos, classificados segundo diferentes critérios, tais como: gênese, qualidade da água, regimes hidrológicos e regimes climáticos (Suguio, 2003).

Desses diversos tipos, será dada maior ênfase para os de origem geológica (relacionados com a gênese), dentre esses temos: 1) lagos tectônicos; 2) lagos vulcânicos; 3) lagos glaciais; 4) lagos fluviais; 5) lagos eólicos; 6) lagos cársticos (ou de afundamento), 7) lagos deltaicos, 8) lagos reliquias e 9) lagos pluviais.

Os maiores e principais lagos conhecidos na superfície da Terra têm, em geral, origens glaciais, tectônicas e/ou vulcânicas. Os lagos de origem glacial são os mais numerosos do planeta, constituindo cerca de 90% do total de lagos conhecidos na Terra. Esses lagos ocupam parte de vales modelados pelas geleiras e são resultantes da fusão do gelo. Os lagos formados por fenômenos glaciais estão localizados principalmente no Canadá, nos Andes (Titicaca e outros), Escandinávia e Rússia; esses cobrem cerca de 58% dos 2,5 milhões de quilômetros quadrados da superfície da Terra. Há ainda lagos importantes existentes abaixo de camadas de gelo que cobrem áreas continentais, seja no continente Antártico (lago Vostok) seja em outras áreas continentais.

inadequados ao uso como fonte de água potável. Essas alterações resultam principalmente da utilização e gestão impróprias dos recursos hídricos como, por exemplo, pelo lançamento indiscriminado de lixos domésticos e industriais, bem como esgotos sem tratamentos, além do uso de fertilizantes e agrotóxicos que, como destino final, chegam aos sistemas aquáticos. Conseqüentemente, é extremamente importante o estudo detalhado desses corpos de água, principalmente quanto à sua origem e dinâmica. Dessa forma, este capítulo tem por finalidade introduzir, como formação e informação na análise de um meio físico, os diversos processos existentes na dinâmica e gênese de sistemas lacustres, além de exibir as principais modificações que podem surgir nesse meio.

Outro grande grupo de lagos encontra-se classificado nas chamadas **bacias de subsidência** ou em **fossas de abatimento tectônico**. Esses foram originados a partir de fenômenos tectônicos, como no caso dos lagos Turkana, Kivu, Tanganica e Malawi, na África e o Baikal, na Sibéria.

O grupo de lagos de origem vulcânica ocupa crateras ou caldeiras (ver **Capítulo 8**) de corpos vulcânicos extintos, sendo pouco numerosos e relativamente pequenos quando comparados com os de origem glacial e tectônica.

Além dos tipos acima mencionados, uma parte importante de lagos é originada pelo represamento de grandes volumes de água produzidos pela ação do homem com diferentes propósitos, tal como irrigação, produção de energia elétrica, abastecimento doméstico e uso agrícola ou industrial. Esse tipo de lago acaba sendo denominado de lago artificial, pois possui uma origem **antrópica**.

No Brasil, a existência de lagos naturais recentes é bastante restrita (existem lagos antigos, com mais de 30 milhões de anos, exibindo grandes proporções como ~~antigo lago existente no Vale do Paraíba~~ – Formação Taubaté), tal aspecto relaciona-se à inexistência de fenômenos

geotectônicos e climáticos capazes de propiciar à sua formação. Segundo Suguio (2003), o tipo de lago mais frequente na América do Sul, e especialmente no Brasil, é o do tipo fluvial. Esses lagos foram originados em sua grande totalidade por meandros abandonados situados nas planícies de inundação dos rios Amazonas (em alguns de seus tributários, como o Tapajós e Negro), Paraná, Paraguai e inúmeros outros. Os maiores

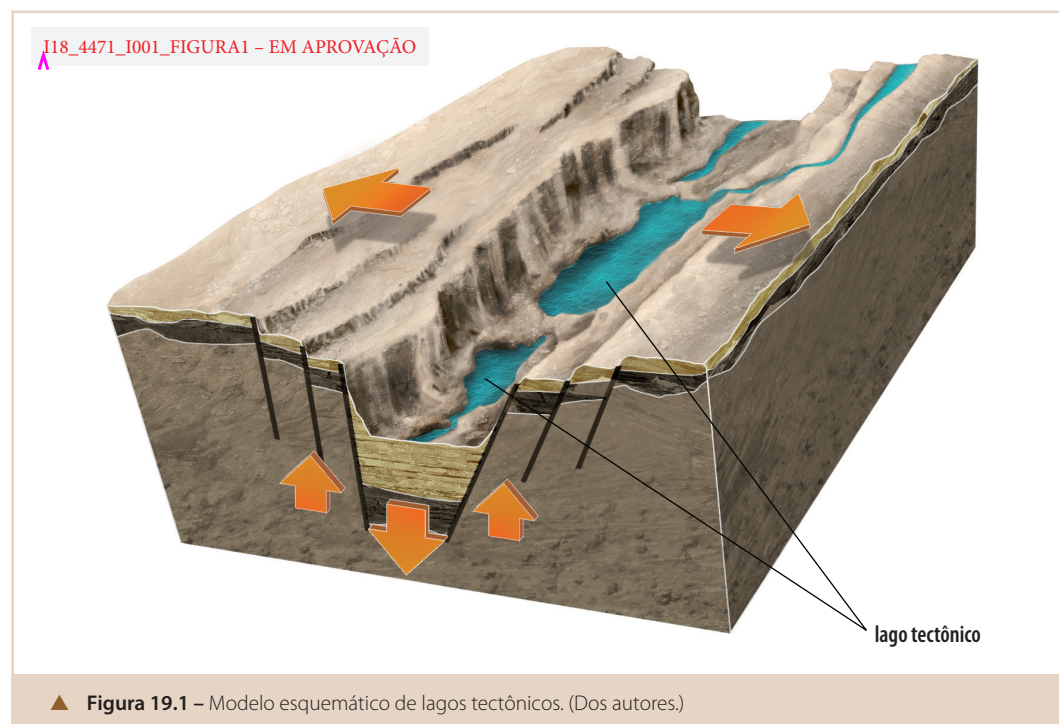
exemplos de lagos naturais no Brasil encontram-se na região do Pantanal e nas áreas de planície de inundação existentes na Amazônia. Outra parcela, menos expressiva que as anteriores são relativas aos lagos existentes nas porções litorâneas (Lagoa dos Patos no Rio Grande do Sul, Região dos Lagos no Rio de Janeiro, lagos interdunas no nordeste brasileiro e na região dos Lençóis Maranhenses).

## Principais tipos de lagos

### Lagos tectônicos

Esses lagos são formados a partir de movimentos tectônicos atuantes no interior da crosta terrestre, capazes de causar discontinuidades verticais, representadas por falhas e fraturas (ver **Capítulo 11**). Tais discontinuidades originam porções de relevo mais elevadas de um lado e mais rebaixadas de outro, resultando

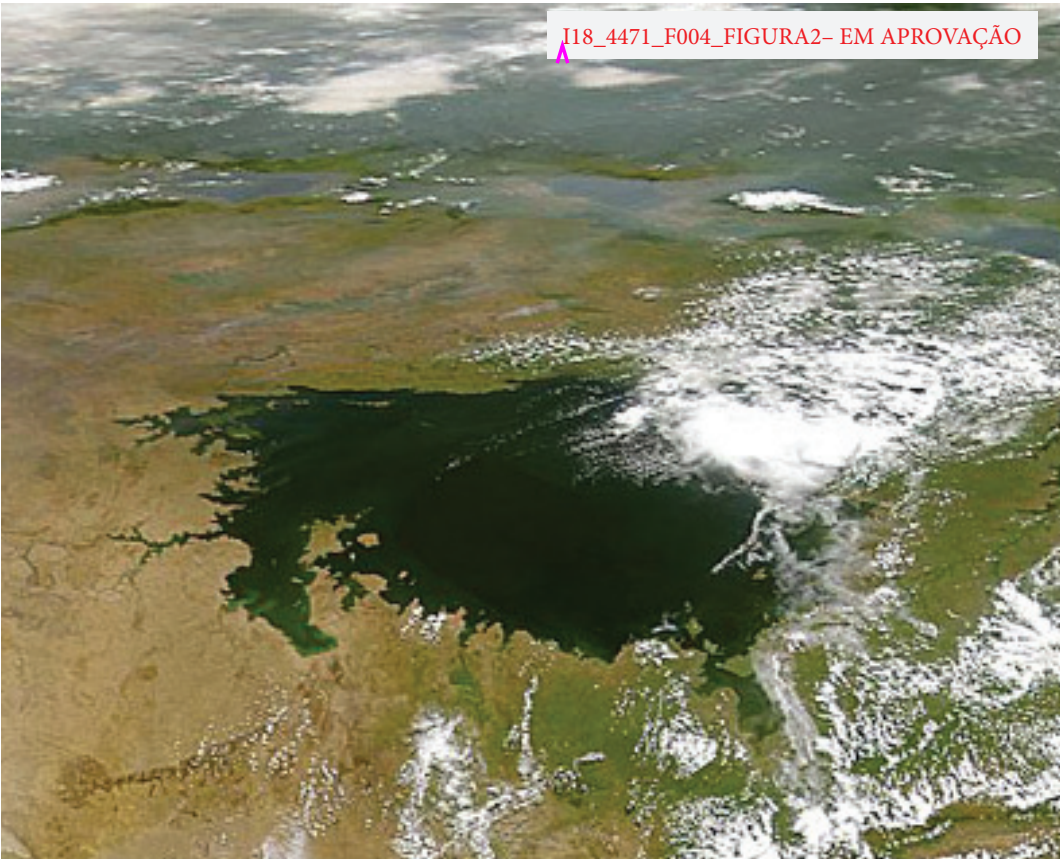
na aparição de um ou mais lagos, a partir do preenchimento por água da porção que sofreu rebaixamento (**Figura 19.1**). Nesses lagos, frequentemente, a margem é quase retilínea e a estrutura bastante simples, sendo que podem exibir grandes extensões e elevadas profundidades (Suguio, 2003).



Conforme demonstram alguns pesquisadores especialistas no estudo de lagos, os lagos tectônicos foram gerados principalmente a cerca de 12 milhões de anos, sendo considerados os mais antigos do globo. Eles estão localizados

nas chamadas **fossas tectônicas** (*graben*, em alemão ou *rift valley*, do inglês). Os exemplos mais representativos são: mar Cáspio, Tahoe, Rift Africano, Tanganyika, Victória (**Figura 19.2**), Baikal (**Figura 19.3**) etc.

I18\_4471\_F004\_FIGURA2- EM APROVAÇÃO



▲ Figura 19.2 – Lago Victória, NASA.

## Lago Baikal

Créditos



I18\_4471\_F005\_FIGURA3- EM APROVAÇÃO

▲ Figura 19.3 – Lago Baikal.

O lago Baikal é um dos mais antigos do mundo e tem sua origem a partir de falhas tectônicas. Ele está localizado no sul da Sibéria-Rússia, entre Oblast e Irkutsk, no noroeste, e Buryatia, no sudeste. Apresenta 636 km de comprimento e 80 km de largura, e em alguns pontos desse lago a profundidade ultrapassa os 1.600 m e exibe uma superfície de 31.500 km<sup>2</sup>. É considerado o lago mais profundo da Terra e contém cerca de 20% da água doce conhecida no planeta. Este lago é tão grande que, se ele estivesse vazio e todos os rios na Terra depositassem as suas águas no seu interior, levaria pelo menos um ano para enchê-lo.

Deságuam nele cerca de 300 rios. É o habitat de 1.085 espécies de plantas e de 1.550 espécies e variedades de animais.

## Lagos de origem vulcânica

A maioria dos lagos vulcânicos é formada principalmente a partir do cone de dejeção do vulcão (**Capítulo 8**), originando, dessa forma, três tipos distintos de lagos: 1) lagos de caldeira, 2) lagos de cratera e 3) lagos do tipo Maar.

Os **lagos de caldeiras** (**Figura 19.4**) são formados quando a erupção vulcânica é muito intensa, provocando a destruição do cone central do aparelho vulcânico (corpo do vulcão). Neste caso, resta apenas uma depressão central denominada **caldeira**. A **Figura 19.4** retrata o lago Taal, lago de caldeira localizado nas Filipinas (exemplo clássico desse tipo de lago).

Os **lagos de cratera** (**Figura 19.5**) são originados no interior de cones de vulcões extintos apresentando pequena extensão, grande profundidade e, em geral, formas circulares. A **Figura 19.5** exibe o lago Maly Semiachik, localizado na Rússia.

Os **lagos do tipo Maar** (**Figura 19.6**) são gerados a partir de explosões gasosas subterrâneas, seguidas de afundamento da região atingida sem a existência de derrames de lavas. A morfologia desse tipo é circular e apresenta grande profundidade em relação à sua área. Um exemplo desse tipo de lago é o Nyos (**Figura 19.6**), formado no interior de um “Maar”, situado no noroeste dos Camarões.



I18\_4471\_F006\_FIGURA4 – EM APROVAÇÃO

▲ **Figura 19.4** – Lago vulcânico do tipo Caldeira: lago Taal (Filipinas).



I18\_4471\_F007\_FIGURA5 – EM APROVAÇÃO

▲ **Figura 19.5** – Lago vulcânico do tipo cratera: lago Maly Semiachik (Rússia).



I18\_4471\_F008\_FIGURA6 – EM APROVAÇÃO

▲ **Figura 19.6** – Lago vulcânico do tipo Maar: lago Nyos (Camarões).

## Lago Nyos (Figura 19.6)

O **lago Nyos** é um lago vulcânico formado no interior de um “Maar”, situado no noroeste dos Camarões. Ele é profundo e situa-se a média altitude no flanco do Monte Oku, vulcão inativo pertencente à Linha Vulcânica dos Camarões. Uma barragem natural, formada por rocha vulcânica, mantém o lago. A **desgaseificação** dos materiais

vulcânicos subjacentes faz com que as águas do lago sejam extremamente ricas em dióxido e monóxido de carbono, o qual, quando liberado subitamente para a atmosfera, pode causar asfixia dos habitantes das áreas vizinhas. Esse fenômeno já ocorreu nesse mesmo lago em 1986, causando mais de 1.800 mortos.

## Lagos glaciais

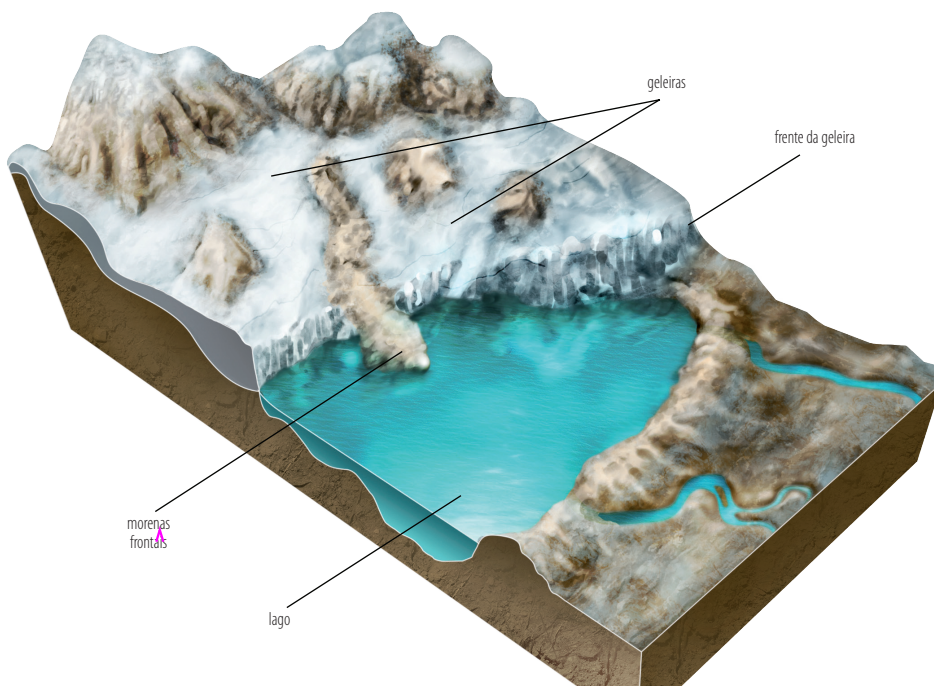
Como mencionado anteriormente, os lagos glaciais são os mais numerosos e sua origem, em grande parte, está vinculada à última glaciação pleistocênica, há aproximadamente 10.500 anos. Esse tipo de lago é encontrado com bastante frequência nas regiões de alta latitude (regiões temperadas).

De acordo com Esteves (1988), os tipos de lagos glaciais mais frequentes são: 1) lago em circo, 2) lagos em vales barrados por morenas, 3) lagos de fiordes e 4) lagos em terrenos de sedimentação glacial.

Os **lagos em circo** são resultantes da ação de congelamento e descongelamento da água. Os lagos desse tipo, de maneira geral, são pequenos e relativamente profundos, encontrados com frequência em regiões montanhosas. A forma deste tipo de lago é circular ou em anfiteatro.

Os **lagos em vales barrados por morenas** (Figura 19.7) são formados a partir da obstrução dos vales pelas **morenas** (sedimentos transportados por geleiras, normalmente blocos de diversos materiais rochosos [ver Capítulo 17]), ocasionando o aprisionamento da água resultante do derretimento das geleiras.

Créditos



I18\_4471\_I002\_FIGURA7 – EM APROVAÇÃO

▲ **Figura 19.7** – Figura esquemática de lagos glaciais formados em vales barrados por morenas.

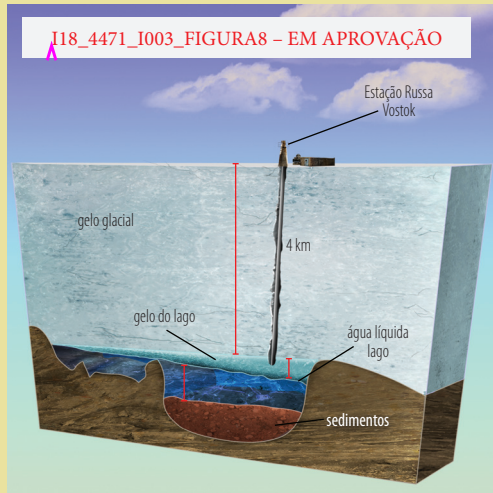
Os **lagos de fiordes** são resultantes da escavação de vales nas escarpas das montanhas pela ação da erosão glacial. Esses apresentam formas alongadas, estreitas e profundas. Os melhores exemplos são encontrados na Groenlândia e na Noruega.

**Lagos em terrenos de sedimentação glacial:** as irregularidades em terrenos formados por morenas geram grandes quantidades de lagos.

Recebendo o nome genérico de “lagos de caldeirão”, estes podem ter diferentes origens: depressões existentes em locais de antigas geleiras continentais preenchidas com água e/ou blocos de gelo desprendidos de geleiras e, posteriormente, transportados de maneira a servirem de ponto de apoio para o acúmulo de sedimentos que, em alguns casos, acabam aterrando o mesmo.

## Lago Vostok

O lago Vostok é uma massa de água subglacial localizada no continente antártico, sobre o qual se encontra uma das estações da antiga Rússia na Antártida. Esse lago é coberto por quase quatro quilômetros de gelo (Figura 19.8). Por esse motivo, permaneceu desconhecido durante muito tempo e permanece como uma das últimas regiões por explorar no planeta Terra. No ano de 1996 foi delimitada a sua verdadeira extensão. O lago Vostok possui forma elíptica com 250 km de comprimento e 40 km de largura, cobrindo uma área de 14.000 km<sup>2</sup>. O seu fundo é irregular e divide-se em duas bacias, a mais profunda com cerca de 800 m e a outra com 200 m. Calcula-se que o lago contenha um volume de 5.400 km<sup>3</sup> de água doce. Ele não possui contato direto com a atmosfera. Segundo alguns cientistas, esse lago era um lago normal, coberto posteriormente por gelo à medida que se desenvolveram as calotas polares da Antártida.



▲ Figura 19.8 – Figura esquemática do lago Vostok.

## Lagos fluviais

Os lagos fluviais podem ser de três tipos: 1) lagos de barragem, 2) lagos de inundação e 3) lagos de ferraduras ou de meandros.

Os lagos de barragem são formados quando, em uma bacia hidrográfica, o rio principal transporta grande quantidade de sedimento que é depositado ao longo do seu leito. Tal deposição provoca uma elevação do nível do leito desse rio, causando eventualmente represamento nas confluências de seus afluentes, que assim represados acabam se transformando em lagos. Os afluentes geralmente são pobres em sedimentos aluvionares

e assim não acompanham a elevação do leito do rio principal.

Os lagos de inundação são formados em ambientes de baixa declividade, com pouca oscilação vertical do relevo. Tais condições topográficas acabam por imprimir características peculiares a esses lagos, cuja variação de seu nível d'água encontra-se ditada pela maior ou menor precipitação das chuvas locais. O melhor exemplo desse tipo de lago é encontrado no Leque do Rio Taquari, na região da Nhecolândia, no Pantanal do Mato Grosso do Sul (Figura 19.9).



▲ Figura 19.9 – Lagos fluviais de inundação – Parque Estadual do Rio Negro, MS. (Fotografia: J. B. Sigolo).

Os **lagos de ferradura** ou de **meandros** (**Figura 19.10**) são formados por rios localizados em regiões de planícies e que **já** atingiram o ponto limite abaixo do qual a erosão das águas correntes não é mais efetiva. Em algumas circunstâncias, encontram-se na mesma altitude que o nível do mar (**nível de base**). Nessas condições, tais rios apresentam curso sinuoso, e essa sinuosidade recebe o nome de **meandro**. Pode ocorrer grande

número de lagos ao longo desse tipo de rio sinuoso (meandrantas). Esses lagos são formados através do isolamento de meandros por processos de erosão e sedimentação das margens (**Figura 19.10**). Os lagos assim formados recebem o nome de lago de ferradura ou de meandro, e os exemplos mais marcantes desse tipo de lago são encontrados principalmente na região Norte do Brasil, em boa parte do Pantanal e no Vale do Paraíba – SP.



Image courtesy of the Image Science & Analysis Laboratory, NASA Johnson Space Center

I18\_4471\_F010\_FIGURA10 – EM APROVAÇÃO

▲ **Figura 19.10** – Lagos fluviais de meandros. Imagem do Pantanal – MS.

### Lagos eólicos

A deposição de sedimento (areia) em alguns trechos do rio, pela ação do vento, pode originar lagos. Esse fenômeno ocorre com frequência no Nordeste brasileiro (**Figura 19.11**).

O exemplo mais representativo no Brasil é encontrado no estado do Maranhão, na região de

Lençóis Maranhenses. Os ventos alísios, NE, típicos do Nordeste e outras regiões brasileiras, promovem o deslocamento das areias que formam as dunas, as quais, ao se acomodarem em um novo local, podem represar pequenos córregos, transformando-os em lagos (**Figura 19.12**).



Werner Zotz/Embratur

I18\_4471\_F011\_FIGURA11 – EM APROVAÇÃO

▲ **Figura 19.11** – Lago formado pela atividade eólica, Dunas em Flexeiras, Ceará.



Werner Zotz/Embratur

I18\_4471\_F012\_FIGURA12 – EM APROVAÇÃO

▲ **Figura 19.12** – Lago formado pela atividade eólica, Lençóis Maranhenses.



## Lagos cársticos ou de afundamento

**Relevo cárstico** ou sistema cárstico é um tipo de relevo caracterizado pela **dissolução química** das rochas cuja composição é predominantemente de minerais carbonatados (de fácil dissolução) (ver **Capítulo 15**), levando ao aparecimento de uma série de feições, tais como cavernas, dolinas, dentre outras. O relevo cárstico ocorre predominantemente em terrenos constituídos de rocha calcária, mas também pode ocorrer em outros tipos de rochas carbonáticas, como o mármore e rochas dolomíticas e de modo um pouco menos frequente também em rochas sedimentares clásticas como arenitos.

Nesse tipo de formação, parte da água pode encontrar-se estacionada em depressão fechada, conhecida como dolina (ver **Capítulo 15**), o que resulta na formação de um lago cárstico. (**Figura 19.13**)

As dolinas variam muito de tamanho, de pouco mais de um metro de diâmetro e com pequena profundidade a grandes crateras com centenas de metros de diâmetro e grandes profundidades; dessa forma, esses tipos de lagos podem apresentar dimensões variadas de acordo com a configuração morfológica da dolina que o contém.



▲ **Figura 19.13** – Lago cárstico. Dolina com água em seu interior.

## Lagos deltaicos

Esse lago é formado ao longo da margem ou no interior dos deltas como, por exemplo, pela construção de barras arenosas através de embaixamentos ou pelo aprisionamento (barragem) de parte do mar pelas sedimentações deltaica (Suguio, 2003).

## Lagos reliquias

Esses lagos são formado em áreas submetidas a transgressões marinhas, seguidas por regressões marinhas, em zonas costeiras. Os lagos reliquias são encontrados nas planícies costeiras das

desembocaduras dos rios Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ), representados respectivamente pelas lagoas Bonita e Feia.

## Lagos pluviais

Os lagos pluviais estão inseridos na bacia interior de regiões secas e foram originados durante os períodos glaciais, quando a pluviosidade era muito maior que a atual, para uma mesma região. Um exemplo de lago pluvial é o lago Bonneville, que se estende por parte dos estados de Utah, Nevada oriental e sul de Idaho.

## Lagos antropogênicos: represas, reservatórios e açudes

Os lagos artificiais brasileiros (Figura 19.14), formados pelo represamento de rios, recebem diferentes denominações, tais como represas, reservatórios e açudes, representando nesse caso nada mais que sinônimos, uma vez que esses ambientes têm a mesma origem e finalidade. No Brasil, foram construídas inúmeras barragens, cujo objetivo principal é à geração de energia elétrica. A construção dessas barragens resultou na formação de um grande número de lagos artificiais.

Os açudes são de elevada importância socioeconômica na região Nordeste. Através de sua construção (na maioria das vezes são formados por barragens construídas basicamente pelo acúmulo e compactação de solo e rochas alteradas) é possível o armazenamento de água para fornecimento à população humana e para diversos tipos de atividades agropastoris na zona rural.

A construção de barragens, com consequente formação de grandes lagos artificiais produz diferentes alterações não apenas no ambiente aquático, mas também no ambiente terrestre circunscrito ao lago formado.



▲ Figura 19.14 – Represa de Guarapiranga.

## Compartimentos de um Lago

Os principais compartimentos de um sistema lacustre são: **coluna de água** e **sedimento**.

### Coluna de água

As águas dos lagos contêm diversos elementos e compostos químicos: cálcio, magnésio, sódio, potássio, ferro, manganês, cloreto, sulfato, carbonato e bicarbonato. Estes apresentam-se na forma de solutos, ou seja, na forma dissolvida. A concentração de cada um desses elementos varia de um lago para outro, em função da composição das rochas existentes na bacia de drenagem (contexto **litológico**) que alimenta e estabelece a recarga da **bacia de acumulação**, além do regime de chuvas no local de existência do lago. Além do contexto litológico e das chuvas, a composição das águas também é um reflexo da atividade humana realizada tanto no interior como no entorno do ambiente aquático. Dentre os componentes da água, o **oxigênio**, o **nitrato** e o **fósforo** são importantes na dinâmica

e no metabolismo da vida contida no lago, como será descrito a seguir.

**Oxigênio dissolvido:** dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio representa o elemento básico na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos. As principais fontes de oxigênio para a água são: atmosfera e fotossíntese. A difusão de oxigênio dentro de um lago ocorre, principalmente, pelo seu transporte na massa de água.

**Nitrogênio:** o nitrogênio é o elemento fundamental na participação do metabolismo de ecossistemas aquáticos. As principais fontes naturais de nitrogênio são: chuvas; materiais orgânicos e inorgânicos; fixação de nitrogênio molecular dentro do próprio lago.

**Fósforo:** na maioria dos lagos, o fósforo é o principal fator limitante da produtividade de vida desse tipo de ambiente aquático. Este elemento tem sido apontado como o principal responsável pela **eutrofização** artificial ou não de lagos (vide box **Eutrofização** e Figura 19.15).

## Eutrofização (Figura 19.15)

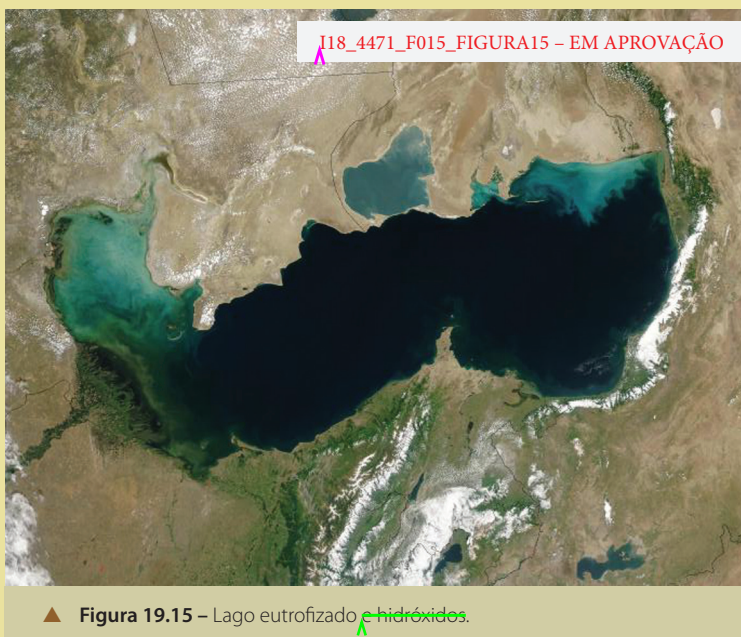
A eutrofização pode ser definida como o aumento da quantidade de nutrientes e/ou matéria orgânica no ambiente aquático, resultando numa maior produtividade primária. Esse fenômeno altera o equilíbrio desse ambiente, deteriorando a qualidade da água, o que limita a sua utilização para diversos fins. A eutrofização pode ser natural ou resultado da atividade humana.

Quando a origem é natural, o sistema aquático torna-se eutrófico muito lentamente e o equilíbrio é mantido. Geralmente a água mantém-se com boa qualidade para o consumo humano e a comunidade biológica continua a ser saudável e diversificada.

Por outro lado, quando a eutrofização é resultado do lançamento de diversos resíduos produzidos pelas atividades humanas, tais como despejo direto de esgoto e fluidos de origem industrial, os ciclos biológicos e químicos são interrompidos e, muitas vezes, o sistema progride para um estado em que as condições naturais do ambiente lacustre são deterioradas. A eutrofização induzida pelo homem desenvolve-se rapidamente devido a fontes de nutrientes geradas pelas atividades humanas. Todas essas fontes provocam a libertação de grandes quantidades de nutrientes que ficam disponíveis

para o crescimento de **fitoplânctons** (conjunto de algas microscópicas com pouco ou nenhum poder de locomoção, deslocando-se segundo o movimento da água, que inclui as algas verdes e as cianobactérias) no interior dos sistemas aquáticos.

À medida que a produtividade do fitoplâncton aumenta, a transparência da água decai, o que provoca uma diminuição na penetração da luz, afetando a comunidade de **macrófitas** (formas macroscópicas de vegetação aquática) submersas que vivem na zona litoral do lago. Finalmente, pode também ocorrer grande acumulação de toxinas (produzidas pelas cianobactérias) e de parasitas, o que pode produzir fortes impactos à saúde pública.



Jeff Schmalz, MODIS Rapid Response Team, NASA/GSFC

## Sedimento

Os sedimentos, embora encontrem ampla definição e descrição (Capítulo 10), podem ser resumidamente definidos como sendo material sólido de origem orgânica e/ou inorgânica suspenso (sedimentos em suspensão) ou depositado (sedimentos de fundo). De forma geral, o sedimento é considerado como uma mistura complexa de fases sólidas que incluem: argila, sílica, matéria orgânica, óxidos metálicos, carbonatos, sulfetos, minerais e uma ampla população de organismos vivos, principalmente algas e bactérias.

As partículas que compõem os sedimentos detríticos são comumente grãos de quartzo, feldspato, argilas do tipo illita, montmorilonita, caolinita e minerais pesados ou resistentes à degradação tais como turmalina, zircônio, rutilo e ilmenita. O quartzo, usualmente, é o mineral dominante nos sedimentos detríticos.

O compartimento biogênico pode conter material oriundo dos esqueletos calcários de diversos organismos ou silicosos, matéria orgânica finamente dispersa e populações de micro-organismos.

## Deposição lacustre

No âmbito da deposição lacustre, a classificação mais usada e, **portanto**, mais objetiva, é baseada em Reineck & Singh (1975). Tal classificação distingue dois grupos principais de depósitos lacustres: lagos clásticos e lagos químicos.

**Lagos clásticos:** a sequência vertical típica de depósitos lacustres clásticos constitui-se de empilhamento de sedimentos fornecidos por um ou mais rios que deságuam no lago. Esse modelo é encontrado em regiões montanhosas com alta precipitação pluviométrica e erosão acelerada, onde as areias fluviodeltaicas marginais **progradam**, recobrimdo os sedimentos finos depositados a partir da carga em suspensão. As camadas intermediárias dessa sedimentação caracterizam-se pela sua natureza fluvial e as basais, por uma constituição de sedimentos tipicamente lacustre.

Além desse modelo apresentado para lagos clásticos, existem ainda mais três subtipos, de acordo com Kukul (1971). O primeiro é encontrado sobre terrenos planos em climas úmidos temperados a quentes, onde o fornecimento de sedimento provindo das áreas continentais de granulometria fina é pequeno,

podendo ocorrer sedimentação carbonática longe da desembocadura fluvial, tanto nas margens como no centro do lago. O segundo subtipo é representado por **sapropelitos** no centro e anel de sedimentos carbonáticos de origem algálica e de moluscos. O terceiro subtipo é representado por pântanos marginais que progradam centriptamente para recobrir lamias orgânicas depositadas na porção central dos lagos.

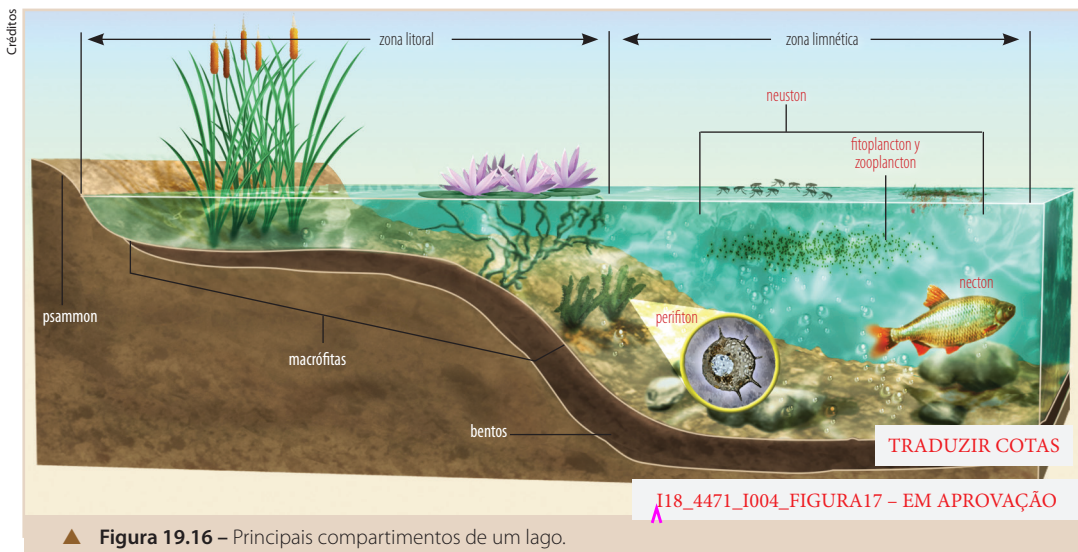
**Lagos químicos:** em geral, eles são compostos por **lamito** vermelho-acastanhado, contendo quantidades variáveis de argila, silte e carbonatos disseminados. Ocorrem em regiões desérticas e são efêmeros. Os lagos químicos ocupam áreas hidrograficamente mais baixas de bacias de drenagem e são circundados por um conjunto de subambientes deposicionais, que dependem principalmente das características do influxo.

No Brasil, entre os depósitos lacustres mais conhecidos, embora não atuais, podem ser citados a Formação Tremembé, do Terciário da Bacia de Taubaté (SP) e a Formação Salvador do Cretáceo da Bacia do Recôncavo (BA).

## Regiões de um lago

Esses sistemas também são delimitados em regiões ou zonas, denominadas de: litorânea ou zona litoral (região de influência do

ambiente terrestre), **pelágica** ou zona limnética (água aberta), profunda e bentônica (parte mais profunda do lago), (**Figura 19.16**).



▲ **Figura 19.16** – Principais compartimentos de um lago.

## Região litorânea

A região ou zona litorânea corresponde ao compartimento do lago que está em contato direto com o ecossistema terrestre adjacente (Figura 19.16). Trata-se de região de baixa profundidade e é caracterizada por possuir margem rasa e em transição entre o ecossistema terrestre e o lacustre, o que resulta em grande número de nichos ecológicos e cadeias alimentares. Essa região apresenta todos os níveis tróficos de um ecossistema: **produtores primários, consumidores e decompositores**, sendo delimitada como uma região autônoma dentro do ecossistema aquático.

Em alguns lagos, folhas provenientes das circunvizinhanças podem desempenhar importante papel na formação de detritos na região litorânea.

Em muitos sistemas lacustres, a região litorânea é pouco desenvolvida ou até mesmo ausente, como é o caso da maioria dos lagos de origem vulcânica e represas.

## Região limnética ou pelágica

A região ou zona limnética é encontrada em quase todos os sistemas lacustres, ao contrário do que ocorre com a região litorânea. Nessa existem dois grupos: plânctons e néctons (Figura 19.16). Os plânctons são constituídos por bactérias, algas (fitoplânctons) e invertebrados (zooplânctons), enquanto que os néctons são representados por peixes.

## Região profunda

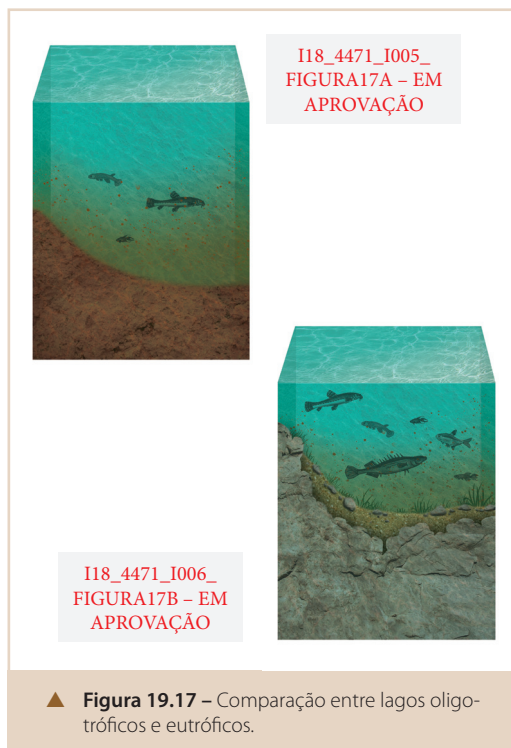
A região ou zona profunda de um lago é **caracterizada** pela ausência de organismos **fotoautotróficos**, em decorrência da não penetração de luz e por ser uma região totalmente dependente da produção de matéria orgânica na região litorânea e limnética. A comunidade de organismos vivos identificados e presentes nessa região é a bentônica, formada principalmente por invertebrados aquáticos. A densidade populacional dos organismos bentônicos e sua diversidade dependem principalmente da quantidade de alimento disponível e da concentração de oxigênio nessa região.

## Região bentônica

Essa região corresponde à superfície coberta pelo sedimento de fundo que compõe um lago (Figura 19.16).

## Classificação dos lagos segundo sua produtividade

Com relação à produtividade podemos ter três tipos de lagos: 1) lagos eutróficos, 2) lagos oligotróficos e 3) lagos mesotróficos (Figura 19.17). Esses tipos de lagos também podem ser caracterizados por suas feições morfológicas e pela biota dominante neste sistema.



▲ Figura 19.17 – Comparação entre lagos oligotróficos e eutróficos.

**Lagos eutróficos:** são caracterizados pela elevada concentração de nutrientes (principalmente fósforo e nitrogênio) e alta produtividade biótica. Os lagos eutróficos exibem como características principais: baixa profundidade e águas relativamente mais quentes que os outros tipos de lagos.

**Lagos oligotróficos:** apresentam baixa concentração de nutrientes e baixa produtividade biótica. Os lagos oligotróficos são exatamente o inverso do anterior, ou seja, suas características principais são: alta profundidade com águas mais frias, quando comparadas com a temperatura da água dos outros tipos de lagos.

**Lagos mesotróficos:** são lagos em que a concentração de nutrientes e a produtividade biótica permanecem entre o eutrófico e o oligotrófico.

# Uso e importância dos lagos

A qualidade da água de um lago, seja ele natural ou artificial, está relacionada ao uso desejável a ser dado a esse reservatório. Assim, por exemplo, aquele usado para atividade de piscicultura deve ser rico em nutrientes que permitam abundante desenvolvimento do plâncton, pois este constitui o alimento básico natural para a nutrição de peixes. Esse emprego do reservatório pode ser perfeitamente conciliado com a navegação ou prática de esportes náuticos e também com a produção de energia

hidrelétrica, mas pode apresentar sérios inconvenientes ao uso da água para abastecimento e consumo humano. As águas destinadas ao abastecimento (água potável) devem ser, tanto quanto possível, isentas de matéria orgânica sujeita à decomposição e também pobres em plâncton, uma vez que este pode causar dificuldades de tratamento ou interferir diretamente na qualidade da água, por produzir sabor, odor, e até mesmo substâncias tóxicas ou causadoras de distúrbios gastrointestinais.

## Substâncias tóxicas em lagos

As substâncias tóxicas encontradas em ambientes lacustres são geralmente oriundas de atividade humana (de caráter antrópico) e podem atingir os ecossistemas e organismos aquáticos, gerando impactos para a saúde (em alguns casos, variedades específicas de algas podem desenvolver e liberar no meio aquoso toxinas que podem comprometer a potabilidade da água e causar distúrbios gastrointestinais no ser humano).

Essas substâncias permanecem retidas por mais tempo nas águas e sedimentos de lagos e reservatórios, do que na água corrente dos córregos e rios. Em decorrência de tal fato, nos lagos e reservatórios o risco à exposição em termos de concentração e duração de espécies tóxicas é maior, quer para a biota aquática quer para o homem, que utiliza essa água para beber ou para produção de alimentos por irrigação.

Por outro lado, o gerenciamento das substâncias tóxicas nos ecossistemas aquáticos é muito difícil e complexo. Esse deve ser feito a partir de análises químicas e físicas nos sedimentos (sedimentos de fundo e em suspensão) e água. Além de estudos detalhados de toxicidade nos organismos existentes no lago.

Os principais elementos tóxicos carregados para os lagos e reservatórios são: pesticidas e fertilizantes agrícolas; metais tóxicos; substâncias orgânicas tóxicas; óleos e derivados.

### Metais tóxicos

Os metais tóxicos são componentes traços naturais de rochas e solos. Esses metais também são encontrados em águas superficiais não impactadas, em decorrência da sua presença nos solos e/ou rochas presentes nas proximidades ou na bacia de tal ambiente.

Determinados metais tóxicos, quando em pequenas concentrações, são considerados essenciais para a sobrevivência dos organismos vivos. Esses metais, quando sofrem enriquecimento, principalmente, através de atividades humanas diversas, podem criar nesse ambiente, condições de toxicidade para diversos organismos presentes.

Dentre os sistemas aquáticos continentais, os lagos são considerados reservatórios potenciais de metais tóxicos por representarem bacia de sedimentação, exibindo características específicas de ambientes deposicionais, podendo, em determinadas áreas, atingir níveis de contaminação bastante elevados. As principais fontes de metais tóxicos nos lagos são: intemperismo de rochas ou erosão de solos ricos nestes metais e/ou atividade antrópica.

Os metais de origem antrópica são provenientes de esgotos domésticos, efluentes industriais, resíduos sólidos acondicionados de maneira inadequada e emissões de poluentes atmosféricos que, uma vez descarregados em águas superficiais, são associados ao material particulado (sedimento em suspensão) ou transportados nas formas dissolvidas e finalmente depositados no lago.

Dentro dos ecossistemas lacustres, a distribuição dos metais tóxicos provenientes de um meio natural ou antrópico é muito diferenciada nos diversos compartimentos, refletindo assim a interação direta entre sedimentos e a hidrodinâmica da coluna de águas. O sedimento é o compartimento mais importante na retenção desses metais nos sistemas aquáticos, refletindo a qualidade da água e registrando os efeitos das emissões antrópicas.

Guimarães (2001)

## Revisão de conceitos

1. Qual a definição de um sistema lacustre?
2. ~~Qual o maior lago em área e volume?~~
3. Quais são os tipos de lagos existentes, segundo sua origem geológica? Explique a formação ~~dos lagos tectônicos, vulcânicos e glaciais~~, resumidamente.
4. Que tipo genético de lago exibe maior profundidade e qual tipo genético é mais frequente?
5. Quais os compartimentos e regiões de um lago?
6. Definir sedimentos e explicar qual sua importância em estudos de detecção de metais tóxicos em ambientes lacustres.
7. O que são lagos oligotróficos, eutróficos e mesotróficos? Qual a diferença entre oligotróficos e eutróficos?
8. O que é eutrofização de um lago?

## Leitura recomendada

CABRERA, L. *Sistemas lacustres: características generales; factores de control; dispositivos posicionales*. Barcelona. Guion de Exposición. Instituto de Geociencias. Departament de Geologia Dinámica, 1996.

ESTEVES, F. A. *Fundamentos de Liminologia*. Rio de Janeiro: FINEP, 1988. p. 60-89.

GUIMARÃES, V. *Distribuição de metais provenientes dos resíduos de lodo de esgoto em ambiente lacustre*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2001. 111p.

HAMBLIN, W. K. *The Earth's Dynamic Systems: A Textbook in Physical Geology*. 5 ed. p. 295-300, 1989.

LERMAN, A.; IMBODEN, D. M.; GAT, J. R. *Physics and Chemistry of Lakes*. 2 ed. New York, Springer, 1995. 334p.

SUGUIO, K. *Geologia sedimentar*. São Paulo: Edgard Blucher, 2003. 400p.