

UNIDADE 2

BASES CONCEITUAIS PARA

MONITORAMENTO DE ÁGUAS

CONTINENTAIS.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	03
LISTA DE TABELAS.....	03
1 CONCEITOS.....	04
1.1 Lagos e Reservatórios.....	06
1.1.1 Origem.....	06
1.1.2 Caracterização dos ecossistemas Lênticos.....	09
1.1.2.1 Morfometria de Ecossistemas Lênticos.....	10
1.1.2.2 Características Físicas de Ecossistemas Lênticos.....	11
1.2 Rios.....	22
1.2.1 Teorias Ecológicas de rios.....	23
1.2.2 Classificação de Rios.....	27
1.2.2.1 Tipos de Água.....	28
1.2.2.2 Configuração Geral do Canal.....	29
1.2.2.3 Tipos de Fluxo.....	
1.2.3 Classificação em Ordens.....	29
1.2.4 Dimensões de Estudo.....	31
2 INFLUÊNCIAS DE FATORES CLIMÁTICOS E METEOROLÓGICOS NA QUALIDADE DA ÁGUA.....	33
3 INFLUÊNCIAS ANTRÓPICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA E A QUALIDADE DA ÁGUA.....	34
RESUMO UNIDADE 2.....	36
REFERÊNCIAS.....	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ecossistema Lântico

Figura 2 – Ecossistema Lótico

Figura 3 – Esquema Mostrando A Penetração De Radiação Solar E Os Limites Da Zona Fótica

Figura 4 - Esquema Mostrando A Estratificação Térmica Em Ambientes Lacustres.

Figura 5 – Mapa Do Estado De São Paulo Com A Localização Dos Reservatórios Do Sistema Tietê/Paraná

6 – Divisão Didática Dos Ecossistemas Lânticos

Figura 7 – Teoria Do Rcc (Teoria Do Rio Contínuo) E A Distribuição Espacial Dos Organismos

Figura 8 – Conceito De Ordens De Curso De Água Proposto Por Strahler, Utilizando Um Esquema De Rede Fluvial Hipotética

Figura 9 – Dimensões De Estudo Em Rios.

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Tipos De Canais Em Relação Aos Parâmetros Morfométricos.

1 CONCEITOS

Os ecossistemas aquáticos continentais abrigam uma grande diversidade de fauna e flora. A rede hidrográfica brasileira apresenta um elevado grau de diversidade e alta complexidade. É um grande conjunto de bacias e regiões hidrográficas com características diferenciadas, o que torna favorável o desenvolvimento de uma biota aquática altamente complexa. Estes ecossistemas aquáticos são responsáveis por grande parte da biodiversidade brasileira.

Os ecossistemas límnicos ou limnociclo correspondem aos ecossistemas de água doce, que são rios, riachos, lagos, lagoas, represas entre outros. O ramo da ciência que estuda estes ecossistemas é conhecido como Limnologia, que também pode ser definido como o estudo das relações funcionais e de produtividade das comunidades de água doce e sua regulação pela dinâmica dos ambientes físico, químico e biológico.

Os ecossistemas de água doce são divididos em ecossistemas lênticos e lóticos. Para entendermos melhor estes ecossistemas, temos a seguir uma breve descrição.

Ecossistemas Lênticos: são ambientes aquáticos de água parada, como por exemplo, lagoas, lagos, pântano, etc. É classificado como um importante distribuidor de biodiversidade por apresentar ecótonos bem definidos (Figura 1).

Ecossistemas Lóticos: são ambientes aquáticos de água corrente, como por exemplo rios, nascentes, ribeiras e riachos. Têm como principal característica o fluxo hídrico, que influencia diretamente as variáveis físico-químicas da água e as comunidades biológicas presentes (Figura 2).

As principais diferenças entre estes ecossistemas é que em rios e riachos a corrente é um fator limitante e de controle muito mais importante do que em lagos. Outra característica de ambientes lóticos é a intensa troca entre os ambientes terrestre e aquático, gerando um ecossistema mais aberto com comunidades de metabolismo

heterotrófico e também a rara estratificação térmica e química em ambientes lóticos. A tensão de oxigênio também tende a ser mais alta e mais uniforme em rios.

Figura 1 – Ecossistema Lêntico



Fonte: meioambiente.culturamix.com/natureza/ecossistemas-lenticos (acesso em 10/01/2013)

Figura 2 – Ecossistema Lótico



Fonte: meioambiente.culturamix.com/natureza/ecossistemas-loticos (acesso em 10/01/2013)

1.1 Lagos e Reservatórios

1.1.1 Origem

Lago é o nome comum dado a toda massa de água que se acumula de forma natural em uma depressão topográfica totalmente cercada por terra. A origem dos lagos é variável e depende da geomorfologia do terreno. Geologicamente, a maior parte dos lagos da Terra é recente.

Alguns lagos possuem tamanhos impressionantes, porém são fenômenos de pequena duração na escala do tempo geológico, por serem áreas onde domina o processo de sedimentação que gradualmente os torna cada vez menores e mais rasos.

Em geral, os lagos são formados quando a água dos rios encontra algum obstáculo para continuar seu percurso normal e áreas com relevo deprimido acumulam estas águas, dando origem a um lago. Desta forma, os lagos são geralmente alimentados por rios, porém podem receber águas de precipitações e de degelo.

As características físicas e químicas dos lagos são influenciadas pela sua geomorfologia e clima associados. A maioria dos lagos é formada por eventos catastróficos, porém outros tipos de lagos podem evoluir de uma forma mais gradual. A seguir temos a classificação dos lagos de acordo com sua origem (Esteves, 1998):

Lagos Glaciares:

A maioria destes lagos surgiram há aproximadamente 10.500 anos e são encontrados em regiões de alta latitude, especialmente em regiões temperadas.

São formados pelas irregularidades em terrenos compostos pelos sedimentos transportados pelas geleiras, originando os chamados “Lagos de Caldeirão”. Estes podem ser originados de duas maneiras:

- a. Depressões em locais de antigas geleiras continentais que foram preenchidas por água;
- b. Blocos de gelo que desprenderam de geleiras e foram transportados de forma a servirem de ponto de apoio para o acúmulo de sedimentos, aterrando-os em muitos casos, o que acabou protegendo os blocos de gelo da insolação e levando assim centenas de séculos para descongelarem. Ao se descongelarem formaram bacias hidrográficas circulares e relativamente profundas.

Lagos Tectônicos:

As bacias tectônicas são depressões formadas por movimentos das zonas mais profundas da crosta terrestre. Os vários tipos de atividades tectônicas originaram lagos grandes e profundos, os movimentos epirogenéticos formam lagos em decorrência dos movimentos de elevamento e abaixamento da crosta terrestre (Ex.:

Lago Vitória e Kioga na África); já as falhas tectônicas formam lagos em decorrência de movimentos tectônicos que causam a descontinuidade da crosta terrestre. Esses lagos originaram-se no Terciário há cerca de 12 milhões de anos, sendo considerados os lagos mais antigos da Terra (Ex.: Lagos Baikal na Rússia, Tanganica na África e Badajós na Amazônia).

Lagos Vulcânicos:

Eventos relacionados com a atividade vulcânica podem gerar bacias de lagos. Este tipo de lago pode ser formado de quatro maneiras distintas:

- a. Lagos de Cratera formados no cone de vulcões extintos: possuem pequena extensão, são profundos e de forma circular (Ex.: pequenos lagos na região de Poços de Caldas, já extintos);
- b. Lagos tipo “Maar” surgem de explosões gasosas subterrâneas e do afundamento da superfície da região atingida, porém não há derramamento de lava;
- c. Lagos de Caldeiras: formados a partir de fortes erupções vulcânicas ocasionando a destruição do cone central do vulcão, ficando apenas a depressão central chamada de caldeira (Ex.: Lagos Crater nos EUA, Bolsena na Itália e Toyako no Japão);
- d. Lagos de Barragem vulcânica: formados quando vales preexistentes são bloqueados pela lava solidificada (Ex.: Lagos Kivu e Bunyoni na África Central).

Lagos Fluviais: são formados pela atividade de rios e podem ser classificados em três tipos:

- a. Lagos de Barragem: formados a partir do depósito de sedimentos carreados ao longo do leito do rio principal, gerando uma elevação do seu leito e conseqüentemente represando seus afluentes que são transformados em lagos (Ex.: médio rio Doce e lagos de terra firme da Amazônia);
- b. Lagos de Ferradura ou Meandros: geralmente os rios maduros que percorrem planícies e que já atingiram o seu nível de base apresentam um curso sinuoso, formando meandros. É comum encontrarmos grande quantidade de lagos ao longo de rios meândricos, sendo eles formados pelo isolamento de

meandros de erosão e sedimentação das margens. É o tipo de lago encontrado mais frequentemente no território brasileiro;

- c. Lagos de Inundação: também conhecidos como baías no Pantanal e de lagos de Várzea na Amazônia, em sua maioria surgem de depressões no terreno que são inundadas periodicamente.

Lagoas Costeiras: normalmente resultam da formação de uma zona de deposição de sedimentos ao longo da foz de um estuário, porém o escoamento do rio e as correntes de maré são suficientes para evitar a separação completa entre o lago e o mar, sendo assim, pode ser constituída por água doce, salgada ou salobra de acordo com as marés. Um exemplo dessa formação é a Lagoinha do Leste, na cidade de Florianópolis, SC/Brasil.

1.1.2 Caracterização dos ecossistemas Lênticos

Os ecossistemas lênticos são definidos como águas estacionárias, mas que podem variar em função, por exemplo, da sazonalidade.

Estes sistemas não fazem parte da paisagem permanente da Terra, pois em escala geológica eles são eventos de curta durabilidade, ou seja, surgem e desaparecem ao longo do tempo. A qualidade da água destes ecossistemas varia em função dos fenômenos naturais e da ação antrópica. O uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica é um dos fatores mais importantes que influenciam a qualidade de um determinado corpo d'água.

As principais características de ecossistemas lênticos são a alta capacidade de solubilização de compostos orgânicos, gradientes verticais, baixo teor de sais dissolvidos, alta densidade e viscosidade da água, capacidade de sedimentação, seiches internos, temperatura e radiação subaquática.

Os ecossistemas, de uma forma geral, são descritos por duas variáveis principais, bióticas e abióticas. Os parâmetros bióticos descrevem as condições e a natureza

dos organismos, já os parâmetros abióticos incluem as características morfológicas, físicas e químicas. Os parâmetros abióticos são sempre de grande importância na formação das condições locais para a vida no ecossistema.

1.1.2.1 Morfometria de Ecossistemas Lênticos

A morfologia da bacia de um lago é em grande parte determinada pela sua origem. O tempo de retenção hidráulica, definido como o tempo necessário para toda a água do lago ser renovada, é uma medida importante na qualidade ecológica e na detecção e efeitos de eventuais fontes poluidoras.

A morfometria dos corpos de água tem relação direta com o balanço de nutrientes, a estabilidade térmica da coluna d'água, a produtividade biológica e os processos de circulação e dispersão de organismos. A análise dos dados morfométricos também possibilita a avaliação da qualidade de assimilação de impactos decorrentes da entrada de efluentes, taxas de acumulação e padrões de dispersão de poluentes. As características morfométricas e os valores derivados de seu estudo devem ser utilizados como ferramentas para auxiliar a interpretação dos dados de monitoramento dos corpos hídricos.

O conhecimento dos parâmetros morfométricos é de fundamental importância para que se possa entender o funcionamento dos ecossistemas aquáticos, como por exemplo, a área de superfície, que é um fator determinante para a profundidade da termoclina; e o volume, que tem importância na estimativa da capacidade de suporte da produção de peixes. Já a batimetria é a medição da profundidade e é expressa cartograficamente por curvas batimétricas que unem pontos de mesma profundidade com equidistâncias verticais, semelhante às curvas de nível topográficas. Neste sentido, as cartas batimétricas são de grande relevância nos estudos sobre o assoreamento. Sendo assim, podemos concluir que o estudo da morfometria de ecossistemas lênticos é uma importante ferramenta para o manejo e monitoramento destes ecossistemas.

1.1.2.2 Características Físicas de Ecossistemas Lênticos

Profundidade:

A morfologia de lagos e represas têm grande influência na qualidade de suas águas; desta forma, sabemos que lagos rasos são mais suscetíveis a sofrerem processos de eutrofização, enquanto que os mais profundos podem apresentar dificuldades para a circulação vertical das massas de água. A medida da profundidade permite uma melhor avaliação da dinâmica de circulação das massas de água e assim também a obtenção de informações sobre as condições de oxigenação nas diversas camadas do corpo hídrico.

Os lagos e represas brasileiras, em sua maioria, possuem baixas profundidades relativas (que é a relação entre a profundidade máxima do lago ou represa e o seu diâmetro médio) o que indica um ótimo potencial para misturas completas da massa de água. Este padrão de circulação tem um efeito positivo na oxigenação do corpo hídrico; por outro lado, pode provocar a ressuspensão de compostos presentes no fundo que podem causar prejuízos à biota aquática.

Radiação Solar e Incidência de Luz

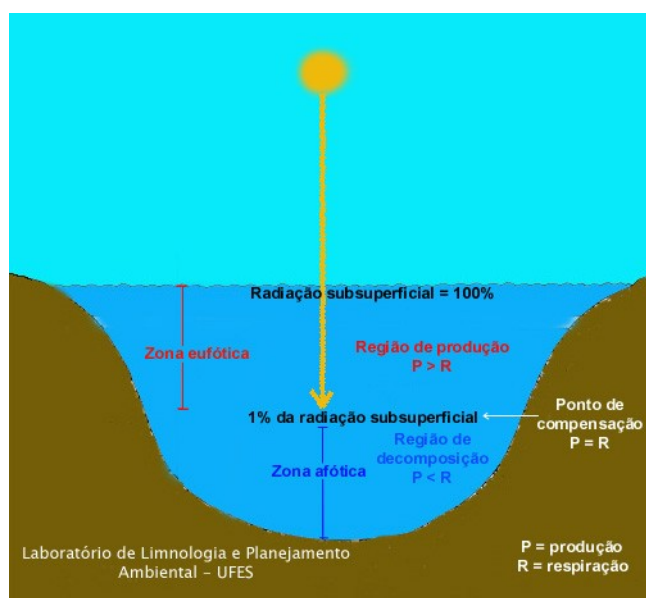
Da radiação solar que atinge a superfície dos lagos e represas, parte é refletida, voltando para a atmosfera, e parte é absorvida. A quantidade de radiação refletida é influenciada pelas condições da superfície da água e pelo ângulo de incidência da radiação na superfície. A radiação solar, ao penetrar na coluna d'água, sofre profundas alterações, tanto na sua intensidade como na sua qualidade.

Estas alterações dependem de vários fatores como, por exemplo, a quantidade de material dissolvido e particulado em suspensão. A mudança de direção é a primeira alteração sofrida, devido a refração provocada pela redução de velocidade da radiação ao penetrar no meio líquido. Em seguida, parte da radiação é absorvida e transformada em outras formas de energia (Ex.: energia química pela fotossíntese e calorífica pelo aquecimento da água). Outra parte da radiação solar sofre dispersão devido ao “choque” com partículas suspensas ou dissolvidas na água. Desta forma,

a absorção e a dispersão são os principais fatores de atenuação da radiação ao longo da coluna d'água.

A parte de um corpo de água que recebe luz solar suficiente para que ocorra a fotossíntese é chamada de **zona eufótica** (Figura 3). A profundidade da zona eufótica é bastante variável e fortemente influenciada pela turbidez da água; começa desde a interface água-atmosfera e vai até onde a intensidade da luz chega a 1% da intensidade existente na superfície. A espessura da zona eufótica depende da atenuação da intensidade luminosa na coluna d'água, podendo variar de poucos centímetros em lagos eutrofizados a cerca de 200 metros em mar aberto.

Figura 3 – Esquema mostrando a penetração de radiação solar e os limites da zona fótica.



Fonte: www.dern.ufes.br/limnol/main.html (acesso: 12/01/2013)

Temperatura:

A temperatura é um fator abiótico crítico em lagos e reservatórios. Devido ao elevado calor específico da água ($1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$), estes ecossistemas de águas estacionárias apresentam resistência a mudanças bruscas da temperatura atmosférica; desta forma a temperatura se torna um fator limitante para determinadas espécies que não consigam manter seu ciclo de vida dentro das condições de temperatura local.

A estratificação térmica é um fenômeno comum nos corpos de água, que consiste na formação de camadas horizontais de água. Em lagos de regiões tropicais é comum ocorrer estratificações e desestratificações diárias ou ainda estratificações durante a primavera, verão e outono, com desestratificação durante o inverno.

Os lagos tropicais geralmente têm profundidade reduzida e a variação sazonal da temperatura é pouco acentuada em relação à variação diária; assim a estratificação diária culmina no final da tarde e a desestratificação é noturna. O processo de desestratificação é facilitado pela pouca diferença de temperatura entre o epilímnio e o hipolímnio. Este modelo pode ser alterado em regiões tropicais com maior intensidade de vento.

No verão, período de maior pluviosidade, observam-se estratificações duradouras, podendo durar toda estação. No inverno, os lagos mais profundos apresentam desestratificação devido ao resfriamento do epilímnio, posteriormente do metalímnio e finalmente toda coluna d'água apresenta-se homotérmica e desestratificada.

Nos lagos e lagoas o fenômeno de estratificação é comum; com base nessa estratificação as camadas formadas possuem a seguinte classificação (Figura 4):

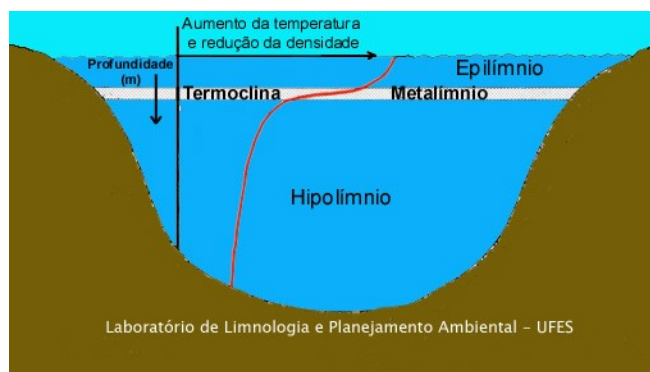
- a. Epilímnio (epilimnion): é a camada superficial do corpo de água, possui menor densidade;
- b. Metalímnio (metalimnion): também conhecida como **termoclina**, é a zona de transição entre a camada superficial (epilímnio) e a camada profunda (hipolímnio), caracteriza-se por ser uma camada fina e de rápida variação de temperatura em seu perfil vertical;
- c. Hipolímnio (hypolimnion): é a camada mais profunda, caracteriza-se por ter uma maior densidade.

Já em relação ao período de duração da estratificação, podemos classificar estes corpos hídricos em:

- a. Meromítico: quando nunca se verifica uma circulação vertical completa,

- evidenciando camadas que permanecem isoladas durante o processo de circulação;
- Holomítico: quando na maior parte do tempo a massa de água não apresenta estratificação térmica, ou seja, apresentam circulação completa (Tundisi, Tundisi, 2008).
 - Monomítico: apresentam um período anual regular de circulação total que ocorre em uma época do ano. Podem ser:
 - Monomítico quente: lagos com circulação somente no inverno; neste lago a temperatura nunca cai abaixo de 4°C e localizam-se em regiões subtropicais.
 - Monomítico frio: lagos com circulação somente no verão, a temperatura da água nunca ultrapassa a 4°C e estão localizados em regiões subpolares e em altas montanhas de regiões temperadas.
 - Dimíticos: lagos com duas circulações por ano, uma no outono e outra na primavera. Encontrados principalmente na Europa, América do Norte e parte do Japão, de clima temperado.
 - Polimíticos: são lagos normalmente rasos e com grande extensão, em que ocorrem circulações frequentes (diárias) devido ao resfriamento da camada superficial da coluna d'água durante a noite e à pouca profundidade, que facilita a sua homotermia.

Figura 4 - Esquema mostrando a estratificação térmica em ambientes lacustres.



Fonte: www.dern.ufes.br/limnol/main.html (acesso: 12/01/2013)

Operação do Reservatório

As principais bacias hidrográficas do Brasil foram reguladas pela construção de reservatórios, os quais isoladamente ou em cascata constituem um importante impacto qualitativo e quantitativo nos principais ecossistemas de águas interiores.

Os reservatórios de grande porte ou pequeno porte são utilizados para inúmeras finalidades: hidroeletricidade, reserva de água para irrigação, reserva de água potável, produção de biomassa (cultivo de peixes e pesca intensiva), transporte (hidrovias) recreação e turismo. Inicialmente, a construção de hidrelétricas e a reserva de água para diversos fins foram os principais propósitos. Nos últimos vinte anos, os usos múltiplos desses sistemas diversificaram-se, ampliando a importância econômica e social desses ecossistemas artificiais e, ao mesmo tempo, produzindo e introduzindo novas complexidades no seu funcionamento e impactos.

A matriz de geração do Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) é quase integralmente hidrelétrica, isto é, 98% da capacidade de geração vem de usinas hidrelétricas. O modo como essa matriz vem sendo construída, ao longo de décadas, obedece a lógica determinada pela oferta de recursos naturais e pelo custo de produção. Como se sabe, o preço da energia elétrica gerada a partir de fonte hídrica foi e segue sendo menor.

A construção e operação de reservatórios têm como princípio fundamental o desenvolvimento de reservas nos períodos de excesso hídrico para uso posterior durante os períodos de escassez, além da própria elevação do nível da coluna d'água, diretamente relacionado à energia acumulada e que pode ser aproveitada durante a passagem de água pelas turbinas.

Em regiões semi-áridas, como por exemplo, o nordeste do Brasil, a construção de reservatórios traz muitos benefícios, sendo uma das melhores medidas para se combater as consequências negativas da condição ambiental local. Os principais objetivos da implantação de reservatórios são os usos múltiplos, sendo o uso prioritário o abastecimento para o consumo humano contribuindo para o

desenvolvimento de sua área de influência, garantindo a fixação do homem no interior.

As regras para operação de reservatórios são diversas, porém todas indicam o armazenamento ou descarga alvo que se pretende obter em determinados períodos de tempo. As regras são tentativas de atender a requerimentos de vazão efluentes e demandas do sistema para aperfeiçoar determinados objetivos, sejam geração hidrelétrica, conservação de água no reservatório ou manutenção da vazão à jusante do mesmo.

Simplificando, operar um reservatório consiste em decidir a quantidade de água que deve ser guardada e a quantidade que deve ser liberada. Em geral a operação dos reservatórios baseia-se em serviços de meteorologia, monitoramento de informações sobre os rios e o clima e conta com uma equipe técnica especializada.

Como método preventivo, antes do início do período chuvoso, o nível de água dos reservatórios é reduzido, formando o *volume de vazão* ou *volume de espera*. Este procedimento é realizado para que, caso as chuvas sejam muito intensas, o reservatório possa armazenar grande parte desta água, sem aumento abrupto das vazões de jusante, quando pertinente.

A decisão sobre a abertura das comportas só é tomada após uma criteriosa avaliação das condições meteorológicas e do reservatório, e sempre baseada em estudos e critérios estabelecidos pelo Operador Nacional do Sistema – ONS e pela Agência Nacional de Águas – ANA. Para tomar esta decisão algumas questões precisam ser levantadas pelos órgãos competentes como, por exemplo, os responsáveis pela previsão de chuvas, a continuidade destas chuvas e o tempo de duração, o volume de água que chega ao reservatório e o nível em que a água se encontra neste; a previsão de água que ainda há para chegar, a capacidade de armazenamento para recebê-la e guardá-la, se há população abaixo do reservatório e/ou às margens destes. Aliado a este fato, pode-se observar, sob esse ponto de

vista, a importância da outorga, ou seja, garantir uma reserva de água a montante e a jusante do empreendimento hidroelétrico.

Uma das principais regras de operação no caso de reservatórios de armazenamento é a divisão do armazenamento total em áreas diferentes que possuem regras de descargas específicas. O armazenamento nestas áreas pode ser constante ao longo do ano ou variar sazonalmente. Seguindo esta regra o reservatório fica compartimentalizado em camadas ou zonas, sendo elas a zona de descargas livres (camada mais superficial); a zona de controle de cheias (camada intermediária); zona de conservação (camada intermediária logo abaixo da zona de controle de cheias); volume morto (camada mais inferior) e zona de reserva para sedimentos (no fundo do reservatório).

Variação de Nível

Como vimos anteriormente, a geração de energia no Brasil é predominantemente hidrelétrica. Portanto, a quantidade de água armazenada nos reservatórios representa o estoque de energia disponível e, em função disso, o nível médio dos reservatórios é um dos parâmetros mais importantes na geração de energia no Brasil.

Os níveis de um reservatório variam conforme a operação do mesmo. Cada reservatório tem um regime próprio de operação em função do volume de água disponível no curso represado. A variação do nível e vazão com a época do ano (sazonalidade), bem como a necessidade do ajuste de descarga em função dos excedentes armazenados em épocas de cheias e de complementação de descargas em situações de estiagem, impõem oscilações no nível do reservatório e no fluxo a jusante.

A variação de nível é um fator importante para as áreas alagáveis, as quais são ambientes submetidos a pulsos de inundação que afetam a produtividade, a sobrevivência da biota e a riqueza de espécies. Devido à variação de nível em

reservatórios e áreas alagáveis a maior parte da produtividade da biota advém direta ou indiretamente das trocas laterais com a planície de inundação e não do transporte rio abaixo de matéria orgânica. Esta variação também induz adaptações da biota, que alternam entre a fase terrestre e a fase aquática. Geralmente uma destas fases é catastrófica para os organismos, forçando-os, de maneira geral, durante a fase favorável, recuperar as perdas que as populações sofreram durante a fase desfavorável e garantir a sobrevivência de uma parte da população durante a próxima fase desfavorável.

Tempo de Residência

O tempo de residência é definido como a relação entre o volume total dos reservatórios e a vazão defluente, ou seja, é o tempo para que todo o volume de água do reservatório seja substituído. Normalmente a vazão utilizada neste cálculo é a vazão média de longo prazo, mas também pode ser utilizada a vazão média do período de cheia ou do período de estiagem, em outras palavras, o tempo de residência é o quociente entre o volume estocado no reservatório e sua taxa de recarga.

De toda a água estocada nos continentes, cerca de $\frac{3}{4}$ formam as calotas polares e as geleiras, porém essas reservas estão distantes das áreas de grande demanda e o tempo de renovação é muito longo, cerca de 30 mil anos. Já as reservas subterrâneas são mais acessíveis tanto tecnologicamente, quanto economicamente; estas reservas fluem a velocidade da ordem de cm/dia, resultando em tempos de residência que variam de alguns anos nos aquíferos rasos a várias dezenas e até milhares de anos em aquíferos confinados e/ou muito profundos. O manancial subterrâneo representa uma alternativa segura e barata de abastecimento, sendo utilizada como uma forma complementar e estratégica.

O tempo de residência é uma variável importante para a compreensão da dinâmica dos processos ocorridos em um sistema aquático, sendo uma ferramenta útil para o estudo da qualidade da água. Esse parâmetro é conveniente para representar a

escala de tempo de processos físicos, e frequentemente a escala de tempo de processos biogeoquímicos. Esta escala de tempo tem implicações para o destino de substâncias introduzidas no ecossistema e para a produção primária.

Reservatórios em Cascata

Devido as condições favoráveis de desnível dos terrenos, várias bacias hidrográficas brasileiras foram aproveitadas para a construção de reservatórios em sequência. A série de barragens construídas em uma mesma bacia hidrográfica forma o que se conhece como cascata de reservatórios, condição que modificou a fisiografia em muitas bacias hidrográficas do país. Os reservatórios em cascata também podem ser formados por sistemas de túneis e canais interligados, com a finalidade de aumentar a captação de água e a produção de energia a partir de hidrelétricas.

Reservatórios em cascata como os construídos nos rios Tietê, Grande, Paranapanema e São Francisco produzem efeitos e impactos cumulativos, transformando inteiramente as condições biogeofísicas e ecológicas de todo o rio, e também a situação econômica e social em suas margens.

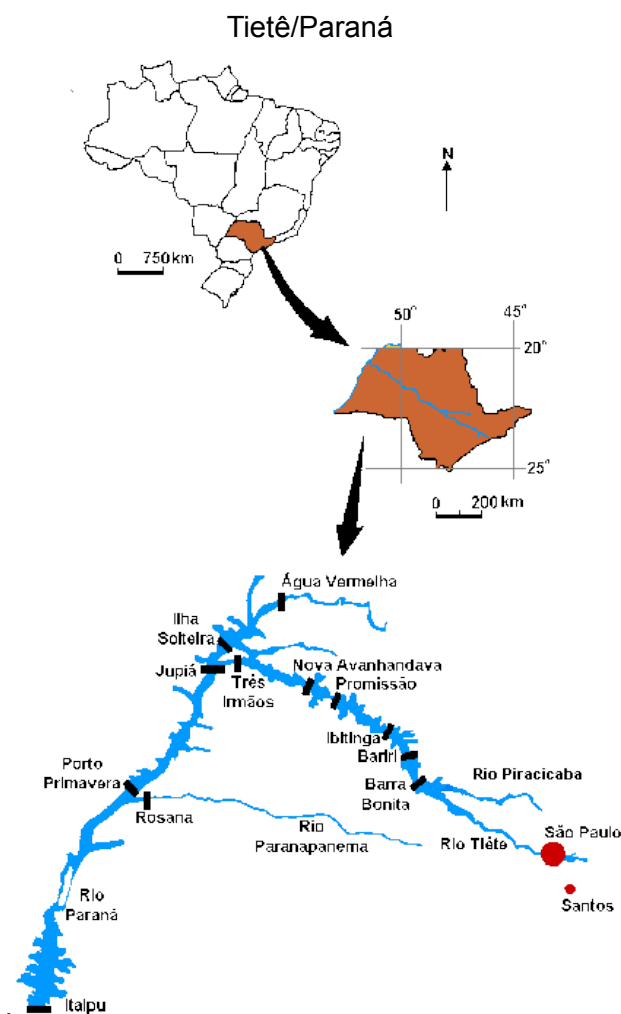
Neste tipo de reservatório ocorre a diminuição dos poluentes ao longo do sistema; os reservatórios em cascata têm a capacidade de reter parte dos poluentes e nutrientes indesejáveis, melhorando a qualidade da água e reduzindo as concentrações de sedimento ao longo do sistema.

Quando os reservatórios operam no modo cascata, a capacidade de geração e a contribuição das usinas para a regularização do rio são potencializadas, sendo os primeiros reservatórios do conjunto mais importantes por conta da sua maior capacidade de reserva.

Como exemplo, podemos citar o estado de São Paulo, que possui reservatórios em sistema do tipo cascata, com várias represas subsequentes, formando um conjunto que recebe e acumula materiais orgânicos e inorgânicos provenientes dos sistemas

adjacentes. O sistema Tietê merece destaque e inclui os reservatórios de Barra Bonita, Álvaro de Souza Lima (Bariri), Ibitinga, Mário Lopes Leão (Promissão), Nova Avanhandava e Três irmãos que apresentam um importante papel social e econômico devido a sua localização no centro de um grande sistema agrícola e industrial do país.

Figura 5 – Mapa do Estado de São Paulo com a localização dos reservatórios do sistema



Fonte: <http://www.ufscar.br/~probio/bioensaios.html> (acesso em 11/02/2013).

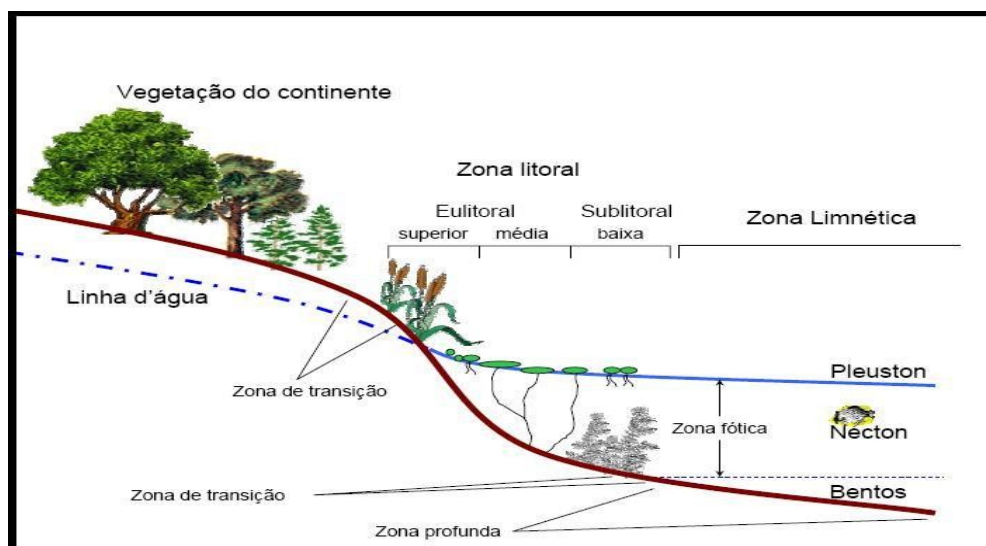
Compartimentos

Como vimos anteriormente, os ecossistemas lênticos são corpos de água parada que podem variar sazonalmente. Com o intuito de facilitar o entendimento e os estudos neste ambiente, o mesmo foi dividido didaticamente em quatro regiões

distintas (Figura 5), sendo elas:

- a. Região Litorânea: é constituída pela parte do ecossistema aquático que está em contato direto com o ecossistema terrestre adjacente, sofrendo influência direta do mesmo. Nesta região encontramos todos os níveis tróficos de um ecossistema, ou seja, produtores primários (Ex.: macrófitas aquáticas), consumidores e decompositores. É considerada uma região autosuficiente dentro do ecossistema aquático.
- b. Região Limnética ou Pelágica: esta região pode ser observada na maioria dos ecossistemas aquáticos, sendo os principais constituintes da sua biota o plâncton (bactérias, fitoplâncton e zooplâncton) e nécton (peixes);
- c. Região Profunda ou Bêntica: sua principal característica é a ausência de organismos fotoautotróficos, como consequência da falta de luz e por ser uma região dependente da produção de matéria orgânica das regiões litorâneas e limnéticas. A comunidade bentônica desta região é formada principalmente por invertebrados aquáticos (Ex.: oligoquetas, crustáceos, moluscos e larvas de insetos).
- d. Região de Interface Água-Ar: devido à tensão superficial da água, esta região é habitada por duas comunidades, o nêuston (constituído por organismos microscópicos como bactérias, fungos e algas) e o plêuston (formado por macrófitas aquáticas e animais, ex.: o aguapé, alface d'água, e vários pequenos animais).

Figura 6 – Divisão didática dos ecossistemas lênticos.



Fonte: www.infoescola.com (acesso: 13/01/2013)

1.2 Rios

Já vimos que limnologia é o estudo das relações funcionais e da produtividade das comunidades aquáticas e o efeitos dos fatores físicos, químicos e biológicos nesta biota. Para tanto é necessário que se compreenda as respostas metabólicas dos ecossistemas aquáticos a fim de compreender e gerenciar os efeitos das alterações antrópicas e assim se obter uma melhor gestão destes recursos.

Nesse contexto, as relações entre os ecossistemas aquático e terrestre são de notório conhecimento das comunidades científicas, portanto na ecologia de rios está implícito o conceito de **interdisciplinaridade**, que é o encontro e a cooperação entre duas ou mais disciplinas, cada uma trazendo seus conceitos, suas formas de definir problemas e seus métodos de pesquisa.

1.2.1 Teorias Ecológicas de rios

Diversas teorias ecológicas aplicadas ao entendimento da estrutura e funcionamento dos sistemas lóticos vêm sendo utilizadas em pesquisas voltadas ao estudo da qualidade de água em bacias hidrográficas, entre elas estão:

Teoria do rio contínuo ou contínuo fluvial (River Continuum Concept - RCC):

Esta teoria, desenvolvida por Vannote *et. al.* (1980) considera que os rios são sistemas que apresentam uma série de gradientes físicos formando um contínuo ao longo de seus cursos, aos quais a comunidade biótica está associada; ou seja, possuem um gradiente contínuo das condições ambientais. Baseado nesta teoria, os sistemas lóticos possuem um gradiente de variáveis ecológicas da nascente à foz, ocorrendo mudanças ao longo do rio na sua largura, volume de água, profundidade, temperatura, quantidade e tipo de material suspenso transportado.

A teoria do contínuo fluvial descreve o rio como um gradiente espacial fluvial utilizando alguns conceitos da dinâmica do funcionamento dos componentes físicos de sistemas fluviais. Tem como objetivo prever o funcionamento biológico destes sistemas, sugerindo que as características estruturais e funcionais das comunidades devem se ajustar ao gradiente fluvial, estando condicionadas aos padrões de entrada, transporte, utilização e armazenamento da matéria orgânica.

O sistema lótico é comparado a um gradiente, que da cabeceira à foz apresenta um aumento gradual de tamanho, possui características distintas e pode ser classificado em três grupos: rios de cabeceira, rios pequenos ou médios e grandes rios também chamados de baixo curso. Abaixo descrevemos algumas dessas diferenças:

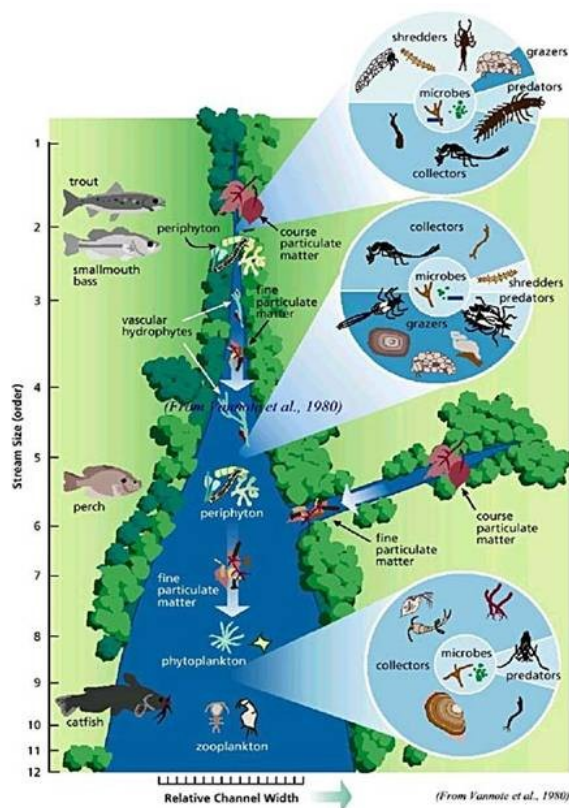
Rios de Cabeceira (cursos de ordem 1 a 3): altamente dependentes das contribuições terrestres de matéria orgânica como folhas, com pouca ou nenhuma produção fotossintética, com $P/R < 1$ (Produção/Respiração), principalmente devido ao sombreamento dos rios, causado pela presença das copas das árvores.

Médio curso (ordem 4 a 6): região menos dependente da contribuição direta dos ecossistemas terrestres e mais da produção por algas e plantas aquáticas, com matéria orgânica oriunda das correntes à montante, sendo $P > R$.

Baixo curso (ordem maior que 6): grandes rios e estuários: tendem a ser turvos, com grande carga de sedimento de todos os processos de montante e, apesar de possuírem comunidades desenvolvidas de plâncton, a respiração excede a produção, com razão $P/R < 1$.

De acordo com esta teoria a importância da matéria orgânica que entra na cabeceira deve diminuir conforme o rio vai aumentando, sofrendo mudanças graduais e passando de heterotrófico para autotrófico. Este modelo prevê que a matéria orgânica que entra nos trechos de cabeceira e que não é processada no local deve ser carregada rio abaixo e totalmente utilizada pelas comunidades ao longo do rio, fazendo com que todo o sistema permaneça em equilíbrio. A figura 7 demonstra um exemplo hipotético da aplicação da teoria do RCC e a distribuição espacial dos organismos.

Figura 7 – Teoria do RCC (Teoria do rio contínuo) e a distribuição espacial dos organismos.



Fonte:

<http://science.kennesaw.edu/~jdirnber/limno/LecStream/LecStreamEcologyBioEco.html>

(acesso em 29/01/2013).

Teoria da Descontinuidade Serial:

Esta teoria, descrita por Ward & Stanford em 1983 considera alterações no contínuo fluvial (RCC) provocadas por fatores naturais ou antrópicos, alegando que represamentos, alagamentos, charcos, queda d'água (cachoeira) ou fontes de poluição, como entrada de esgoto, rompem o gradiente proposto pela teoria do contínuo em relação às condições ambientais, produzindo mudanças longitudinais e determinando novos comportamentos em trechos específicos dos rios, originando novos gradientes.

A teoria da descontinuidade serial pode ser aplicada a bacias hidrográficas impactadas e, de acordo com ela, uma interferência no ambiente produz alterações

longitudinais nos processos bióticos e abióticos, considerando que a direção de mudança (montante ou jusante) depende da posição do impacto. Outros fatores de grande importância são a construção de barragens, desvios, canalizações, etc., que interrompem o contínuo de um rio, alterando sua composição físico-química, modificando sua estrutura e o funcionamento do sistema, resultando na perda de heterogeneidade espacial e temporal do curso d'água.

Teoria do Pulso de Inundação:

Esta teoria proposta por Junk et al. (1989) propõe que interações laterais entre o canal e as planícies de inundação condicionam a estrutura e o funcionamento desses sistemas. Essa proposta é voltada especialmente para as regiões do baixo curso de grandes rios ou em rios de planície, como ocorre, por exemplo, na região do Pantanal. Assim, o funcionamento desse tipo de sistema depende de pulsos de inundação e não de processos contínuos longitudinais, como descrito na teoria do rio contínuo.

O pulso de inundação constitui a principal força responsável pela existência, produtividade e interações da maior parte da biota em sistemas lóticos de planícies de inundação. O conjunto de características geomorfológicas e hidrológicas da bacia produz os pulsos de inundação. As trocas laterais entre a planície de inundação e o canal do rio e a ciclagem de nutrientes que ocorre entre essas regiões têm um maior impacto direto sobre a biota do que o ciclo interno de nutrientes, sendo que o principal efeito do pulso de inundação sobre os organismos é hidrológico. Esta teoria é particularmente útil em muitos ecossistemas tropicais.

Teoria do Domínio de Processos:

Esta teoria proposta por Montgomery (1999) é uma alternativa à teoria do contínuo fluvial (RCC) uma vez que considera a influência dos processos geomorfológicos na variação espacial e temporal que existe nos ecossistemas aquáticos. Baseia-se na importância destas condições locais e nos distúrbios da paisagem, sendo aplicável em bacias hidrográficas localizadas em regiões com relevo íngreme, clima variável e

geologia complexa. O clima, a geologia e a topografia são fatores importantes que determinam a formação dos sistemas, influenciando os processos que possam vir a ocorrer.

Teoria da Imparidade com o Descontínuo Fluvial:

Segundo Poole (2002) esta teoria baseia-se no fato de que os rios são sistemas ímpares, ou seja, únicos em estrutura e função na escala da bacia hidrográfica. Uma bacia é formada por manchas que são características de cada segmento (como vegetação, sedimentos, fluxo, solo, etc.), e a dinâmica dessas manchas ao longo do sistema é que caracteriza o rio. Os tributários, além das barragens e outros empreendimentos, são fatores de interferência no gradiente longitudinal do rio e, dessa forma, cada bacia possui seu próprio mosaico de manchas denominadas de meta estrutura. Assim, um rio nunca seria um contínuo fluvial, pois as manchas se comportam de modo bastante desigual no contexto.

Os estudos em ecossistemas lóticos têm como objetivos entender os processos que regem o movimento e as transformações de energia e materiais dentro dos diferentes sistemas. As teorias ecológicas visam construir uma estrutura sintética para descrever o ambiente lótico da nascente à foz, além de ajustar as variações entre áreas com diferentes características. No entanto, retratar a realidade de um rio é difícil, talvez uma generalização dessas teorias seja uma desvantagem quando aplicada a situações específicas. Apesar disso, as teorias ecológicas devem ser consideradas porque são conceitos estruturais úteis para descrever ecologicamente como funcionam as variáveis ao longo do ecossistema lótico.

1.2.2 Classificação de Rios

Os rios são cursos naturais de água que se deslocam de um ponto mais alto (nascente) até atingirem a foz que pode ser no mar, lago, pântano ou outro rio. Os cursos de água podem ser classificados de acordo com a frequência com que a água ocupa as drenagens, sendo eles:

Perenes: são rios que contêm água todo o tempo, ou seja, durante o ano inteiro, sendo alimentados pelo escoamento superficial e subsuperficial. O escoamento subsuperficial proporciona a alimentação contínua, fazendo com que o nível do lençol subterrâneo nunca fique abaixo do nível do canal. A maioria dos rios do mundo são classificados como perenes.

Intermitentes ou Temporários: são os rios formados pela água da estação chuvosa. No período de estiagem estes rios desaparecem temporariamente, porque o lençol freático se torna mais baixo que o nível do canal, cessando sua alimentação. Estes rios são alimentados superficial e subsuperficialmente. Alguns rios da região do nordeste brasileiro, por exemplo, são intermitentes.

Efêmeros: são rios que se formam apenas por ocasião das chuvas, sendo alimentados exclusivamente pela água do escoamento superficial, pois estão acima do lençol freático. Ocorrem geralmente em climas áridos como regiões de deserto.

1.2.2.1 Tipos de Água:

O pesquisador alemão Harold Sioli publicou em 1950 o histórico trabalho sobre os diferentes tipos de águas da região amazônica, identificando a estreita relação entre a química e a biologia das águas amazônicas com a geologia e a mineralogia da região. Os três grupos de rios identificados por SIOLI (1950) foram:

1. Rios de Água Brancas (Barrentas) - transportam grandes quantidades de sólidos suspensos, como magnésio e cálcio, dando-lhe uma aparência lamacenta, muito turva e como baixa visibilidade. São rios que drenam regiões geológicas recentes como os Andes, e podem fornecer grande quantidade de material através de processos erosivos (ex.: Solimões, Madeira e Branco)
2. Rios de Águas Claras – possuem pequenas quantidades de material suspenso e, em consequência, pobres em nutrientes e com aspecto cristalino. São rios que têm suas origens em regiões geologicamente antigas (ex.: Tapajós, Xingu e na bacia do rio Itanhaém o rio Mambu em seu alto curso, onde percorre terrenos pré-cambrianos).
3. Rios de Águas Negras - rios que originam-se em regiões planas, antigas e com

solos arenosos e vegetação do tipo campina. A cor negra que caracteriza as águas se deve à ocorrência de um processo de decomposição incompleto que dá origem a substâncias húmicas (ex.: Negro e Caruru na Amazônia e rios Preto e Aguapeú na bacia do rio Itanhaém).

1.2.2.2 Configuração Geral do Canal

Do ponto de vista geológico, a morfologia dos canais é o principal atributo para classificação de rios. A morfologia dos canais fluviais é controlada por uma série de fatores com relações bastante complexas. Em relação aos parâmetros morfométricos, os canais fluviais são classificados em **retilíneo**, **meandrante**, **entrelaçado** e **anastomosado** (Tabela 1). Estes padrões podem ser caracterizados em função de parâmetros morfométricos dos canais, como sinuosidade, grau de entrelaçamento e relação entre largura e profundidade.

Tabela 1 – Tipos de Canais em relação aos parâmetros morfométricos.

Tipo	Morfologia
Retilíneo	Canais simples com barras longitudinais
Entrelaçado	Dois ou mais canais com barras e pequenas ilhas
Meandrante	Canais simples
Anastomosado	Dois ou mais canais com ilhas largas e estáveis.

1.2.2.3 Tipos de Fluxo

Os rios também podem ser classificados de acordo com o tipo de fluxo de água em seus canais. Existem dois principais tipos de fluxo, são eles:

Fluxo Laminar: as camadas de água fluem retas ou levemente paralelas, sem ocorrer difusão ou mistura;

Fluxo Turbulento: as camadas de água são mutáveis no sentido transversal e longitudinal ocorrendo difusão e mistura constante das camadas.

Os fatores que determinam se o fluxo será laminar ou turbulento são a velocidade do fluxo, a geometria do canal (especialmente a profundidade), a viscosidade

(resistência de um fluido em escoar), a densidade do fluido e a rugosidade do leito do canal. O fluxo laminar raramente ocorre em águas superficiais.

Ainda é possível classificar os rios com fluxo turbulento em:

Turbulento Corrente: é o tipo de fluxo mais comum nos canais fluviais;

Turbulento Encachoeirado: possui trechos de velocidades mais elevadas, cachoeiras e corredeiras. Resulta do aumento acentuado da velocidade e redução significativa da profundidade do canal.

1.2.3 Classificação em Ordens

Os sistemas fluviais, quando vistos de cima, revelam um padrão tipo árvore, com vários pequenos cursos de água desaguando em rios mais largos e em menor número e posteriormente em rios de maiores dimensões. Vários sistemas têm sido desenvolvidos para classificar os diferentes níveis de cursos de água.

Na classificação proposta por Horton (1945) os canais de primeira ordem não possuem tributários, os canais de segunda ordem têm afluentes de primeira ordem, os canais de terceira ordem recebem afluentes de canais de segunda ordem e podem receber diretamente canais de primeira ordem e assim por diante. Nesta classificação a maior ordem é atribuída ao rio principal, valendo esta designação em todo o seu comprimento.

Já na classificação de Horton modificada por Strahler em 1957, a cada nível de curso de água é atribuído um número de ordem. Cursos de água de ordem 1 são os menores e situados mais a montante. Dois cursos de água de ordem 1 combinam para formação de um curso de água de ordem 2. O curso de água de ordem 3 resulta da confluência de dois cursos de água de ordem 2 (Figura 8). Cada curso de água de ordem mais alta é formado pela confluência de dois cursos de água de ordem inferior e as bacias hidrográficas de cursos de água de ordem mais baixa estão incluídas nas bacias de cursos de água de ordem mais alta. Em geral, os cursos de água ficam mais largos e mais longos quanto mais alto for o número de ordem.

Vale ressaltar que o conceito de ordens de rio foi utilizado por Vannote (1980) para propor a teoria do rio contínuo (RCC).

Figura 8 – Conceito de ordens de curso de água proposto por Strahler, utilizando um esquema de rede fluvial hipotética.



Fonte: State University of New York College of Environmental Science and Forestry, 2010.

1.2.4 Dimensões de Estudo

Os rios podem ser considerados sistemas abertos com uma estrutura tridimensional (longitudinal, lateral e vertical), caracterizados pelos processos hidrológicos e geomorfológicos altamente dinâmicos, frente às mudanças climáticas e temporais.

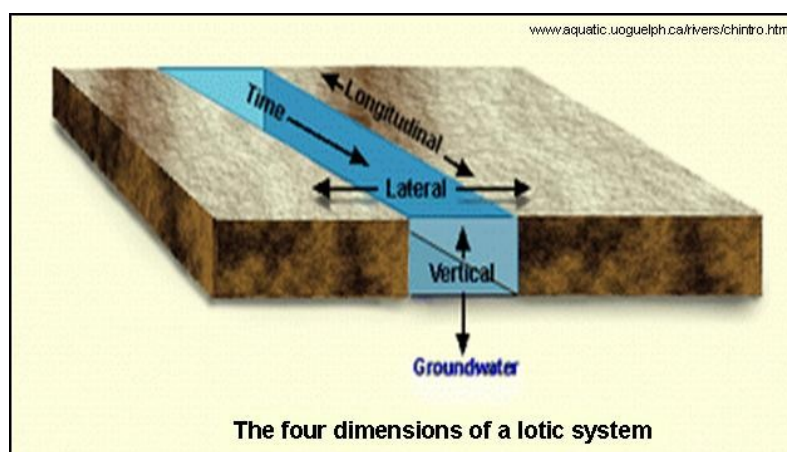
Além destas três dimensões, podemos acrescentar as dimensões temporal e conceitual. A dimensão temporal é de suma importância, visto que a morfologia do canal e as comunidades aquáticas podem alterar-se naturalmente ao longo do tempo e também em decorrência de mudanças abruptas de origem antrópica como, por exemplo, o represamento e o lançamento de efluentes urbanos. Já a dimensão conceitual diz respeito a questões filosóficas, políticas e práticas, levando questões

a respeito de como avaliar, o que conservar e quais as prioridades na conservação.

“Os rios são os sistemas mais característicos das águas epicontinentais e seus organismos habitam o que é, essencialmente, um sistema de transporte” (Margalef, 1991). Para estudo e conhecimento do funcionamento desse tipo de sistema, alguns autores, dentre eles Petts (1992) propuseram uma divisão em quatro dimensões nas quais os sistemas fluviais estão submetidos e interagem (Figura 9). São eles:

- a. Longitudinal: onde ocorrem interações entre a cabeceira do rio e seus afluentes com o rio principal;
- b. Transversa ou Lateral: entre o canal do rio e sua área de várzea;
- c. Vertical: entre o canal do rio e o lençol freático;
- d. Temporal: esta dimensão provém da escala de tempo, que depende do organismo de interesse e também do fenômeno a ser investigado, que pode variar desde o tempo necessário para provocar uma resposta comportamental ao tempo necessário para uma possível evolução. Esta escala é importante para compreendermos a estrutura e dinâmica das comunidades como também os impactos dos possíveis distúrbios.

Figura 9 – Dimensões de estudo em rios.



Fonte: www.aquatic.uoguelph.ca/rivers/chintro.htm (acesso em 29/01/2013)

2 INFLUÊNCIAS DE FATORES CLIMÁTICOS E METEOROLÓGICOS NA QUALIDADE DA ÁGUA

O conhecimento dos fatores que influenciam a qualidade da água é de grande importância para o gerenciamento e estudos de ambientes aquáticos. Os fatores climatológicos afetam a produtividade primária dos ecossistemas aquáticos, fundamental para a manutenção das cadeias alimentares, e têm grande influência no ciclo hidrológico, principalmente os fenômenos de evaporação e precipitação, que são os principais elementos responsáveis pela contínua circulação da água, sendo que a radiação solar fornece a energia necessária para todo o ciclo hidrológico.

Dentre os diversos fatores climáticos, a radiação solar é o que apresenta maior importância, sendo o responsável pela distribuição de calor na massa de água, participando também dos processos de evaporação e nos processos de estratificação e desestratificação térmica. A precipitação total tem forte influência sobre a dinâmica destes ambientes, pois ocasiona um aporte de nutrientes e material particulado, alterando as características físicas e químicas da água. A pluviosidade pode provocar alterações sazonais na qualidade da água, por exemplo, quanto mais intensa a chuva, mais material particulado e quantidade de nutrientes serão carregados das áreas adjacentes para dentro dos rios; isto pode ocasionar uma alteração em ambientes oligotróficos, aumentando a disponibilidade de nutrientes para os organismos produtores primários.

3 INFLUÊNCIAS ANTRÓPICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA E A QUALIDADE DA ÁGUA

A atividade antrópica vêm provocando alterações e impactos no ambiente há muito tempo, existindo uma crescente necessidade de se apresentar soluções e estratégias que minimizem e revertam os efeitos da degradação ambiental e do esgotamento do recursos naturais que se observam cada vez com mais frequência.

A ocupação e o uso dos solos decorrentes de atividades humanas alteram sensivelmente os processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais. Essas alterações ocorridas em uma bacia hidrográfica podem ser avaliadas através do monitoramento da qualidade das águas superficiais, uma vez que os rios recebem efluentes domésticos, industriais e águas oriundas da drenagem de áreas de agropecuária.

Nos centros urbanos, a falta de um sistema de esgotamento sanitário contribui para que parte dos dejetos chegue aos rios e reservatórios. Já nas áreas agrícolas, o uso indiscriminado de fertilizantes e pesticidas são os maiores causadores de problemas com poluição dos corpos de água.

Os ecossistemas aquáticos vêm sofrendo alterações resultantes dos impactos causados por mineradoras, lançamentos de efluentes domésticos e industriais não tratados, exploração de recursos pesqueiros, introdução de espécies exóticas, desmatamento, uso inadequado do solo, entre outros. Os rios recebem materiais, sedimentos e poluentes de toda sua bacia de drenagem, refletindo o uso dos solos nas áreas vizinhas.

Os processos de degradação resultantes das atividades humanas nas bacias hidrográficas podem causar o assoreamento e a homogeneização do leito dos rios e córregos, diminuindo a diversidade de habitats e microhabitats, além da eutrofização artificial (que é o enriquecimento por aumento nas concentrações de fósforo e

nitrogênio e conseqüente perda da qualidade ambiental).

As bacias hidrográficas são unidades fundamentais para o planejamento do uso e conservação ambiental e mostram-se vulneráveis às atividades antrópicas que podem originar impactos negativos ao meio ambiente. Não é por acaso que ela é considerada a unidade de planejamento e atuação do sistema nacional de gerenciamento dos recursos hídricos, conforme descrito nos fundamentos da lei 9433/97.

RESUMO UNIDADE 2

Nesta unidade você estudou as bases conceituais para o monitoramento de águas continentais e aprendemos a reconhecer e identificar as características limnológicas principais de rios e reservatórios e as principais diferenças entre eles. Vimos que os ambientes aquáticos continentais são de grande importância, pois abrigam uma grande biodiversidade (flora e fauna), sendo as bacias hidrográficas as grandes responsáveis por toda esta biodiversidade.

Identificamos os compartimentos presentes em lagos e reservatórios e descrevemos as características dos ecossistemas lênticos e lóticos de acordo com suas propriedades morfométricas, físicas e dinâmica da operação (no caso de reservatórios).

Estudamos os lagos e reservatórios e suas diversas origens (glacial, tectônica, vulcânica, fluvial, lagoas costeiras, entre outras), suas características físicas como profundidade, radiação solar, temperatura, etc. Foi abordada a classificação didática de compartimentos em lagos e reservatórios, sendo elas: a região litorânea, a limnética, a profunda e a de interface água-ar.

Estudamos as teorias ecológicas dos rios e como estas podem auxiliar a compreensão dos diversos tipos de estudos realizados em ambientes lóticos e suas bacias hidrográficas. Agora somos capazes de identificar os tipos de rios de acordo com o fornecimento e tipo de água, a sua configuração e tipos de fluxos, sendo capazes de classificá-los em ordens e identificar a influência de fatores climáticos, meteorológicos e antrópicos na qualidade de água.

REFERÊNCIAS

BEZERRA-NETO, J. F.; PINTO COELHO, R. M. **A Morfometria e o estado trófico de um reservatório urbano: Lagoa do Nado, Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais.** Acta Scientiarum. Biological Sciences. v.24, n.2, p.285-290. 2002.

BEZERRA-NETO, J. F.; PINTO COELHO, R. M. **New Morphometric study of lake Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce (PERD), Minas Gerais: utilization of advanced methodology for bathymetric mapping.** Acta Limnologica Brasiliensis. v.20, n.2, p.117-130. 1998.

DANTAS, V. **Água: sabendo usar não vai faltar.** Brasil Nuclear, ano 9, n.24, jan-mar, 2002.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** 3^oed., Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

GORAYEB, A. **A análise geoambiental e dos impactos na bacia hidrográfica do rio Curu – Ceará – Brasil. 2004.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2004.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. SECRETÁRIA DOS RECURSOS HÍDRICOS. **Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos.** Plano Diretor da Bacia do rio Curu (Estudos Complementares) v.II, Fortaleza, 1996.

HORTON, R. E. **Erosional development of streams their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology.** Bulletin of the Geological Society of America, Colorado, v.56, p.275-370. 1945.

JUNK, W.J. BAYLEY, P.B.; SPARKS, R. E. **The flood pulse concept in river-floodplain systems.** In.: DODGE, D.P. ed. Proceedings of International Large River Symposium. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. (106). 110-127. 1989.

LOUCKS, D. P.; STEDINGER, J. R., HAITH, D. A. **Water resource systems planning and analysis.** Editorial Prentice Hall, Inc. New Jersey. 1981. 539p.

MARGALEF, R. **Limnologia.** Omega, Barcelona. 1983. 1010p.

MARGALEF, R. **Ecologia.** Omega, Barcelona. 1991. 822p.

MAYS, L. W. TUNG, Y. K. **Hydrosystems engineering and management**. Editorial Mc Graw-Hill, Inc. New York. 1992. 530p.

MONTGOMERY, D. R. **Process domains and the river continuum**. Journal of the American Water Resources Association, 35(2): 397-410. 1999.

OLIVEIRA, S. R. **Avaliação da qualidade de água e das descargas de nutrientes do córrego do Cancã, município de São Carlos – SP. 2003**. 125f. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos – USP. São Carlos. 2003.

PANOSSO, R. F.; MUEHE, D.; ESTEVES, F. A. **Morphological characteristics os an Amazon foodplain lake (Lake Batata, Pará State, Brazil)**. Amazoniana, Manaus, v.8, n.3-4, p.245-258. 1995.

PAYNE, A. I. **The ecology of tropical lakes and rivers**. New York, Jonhn-Willey. 1986. 301p.

PETTS, G. E. **A perspective on the abiotic processes sustaining the ecological integrity of running waters**. Hydrobiologia. 422/423:15-27. 2000.

POOLE, G.C. **Fluvial landscape ecology: addressing uniqueness within the river discontinuum**. Freshwater Biology, 47: 641-660. 2002.

PORTAL SÃO FRANCISCO. Disponível em: <
www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/aquaticos/ecossistemas-aquaticos1.php>
Acesso em 03/01/2013.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação**. 3ªed. 1999. 680p.

RODHGER, S.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; FRACÁCIO, R.; RODRIGUES, M. H.; PEREIRA, R. H. G.; ROCHA, O. **Estudos toxicológicos nos reservatórios em cascata no médio e baixo Tiête: Uma avaliação de impactos ambientais**. In: Recursos Hidroenergéticos: usos, impactos e planejamento integrado. Ed. RiMa, São Carlos, 2002.

SIOLI, H. **Das Wasser in Amazonasgebiet**. Fosch, Fortschr., v.26, n.21/22, p.274-280. 1950.

SPERLING, E. **Morfometric features of some lakes reservoirs in the State of Minas Gerais**. In: PINTO COELHO, R. (Ed.) Ecology and human impact on lakes

and reservoirs in Minas Gerais. Belo Horizonte: UFMG. v.1, p.141-149. 1994.

SPERLING, E. **Morfologia de lagos e represas**. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1999.

STRAHLER, A. N. **Quantitative analysis of watershed geomorphology**. Trans. Am. Geophys. Union, New Haven, v.38, p.913-920, 1957.

TAKEDA, A. M.; BETAKKA, C. M. M.; FUJITA, D. S.; FUJITA, R. H.; BIBIAN, J. P. R. 2005. **Larvas de Chironomidae em cascata de reservatórios no rio Iguaçu, Paraná**. In: RODRIGUES, L.; THOMAZ, S. M.; AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. (Eds.). Biocenose em reservatórios: padrões espaciais e temporais. São Carlos/SP: RiMA, p.147-160. 2005.

VANOTE, R. L. **The river continuum concept**. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. v.37, n.1, p.130-137. 1980.

WARD, J. V; STANFORD, J. A. **The serial discontinuity concept in lotic ecosystems**. In: FONTAINE, T.D. & BARTHELL, S. M., eds. Dynamics of Lotic Ecosystems. Ann Arbor Scien. Publ., Ann Arbor. Michigan, 347-356. 1983.

WETZEL, R. G. **Limnologia**. Lisboa: Fundação Calouste, 1993.

WURBS, R. A. **Modeling And Analysis Of Reservoir System Operations**. Editorial Prentice-Hall, INC. 1996. 356P.