Capacitação para o Singreh

Monitoramento da Qualidade da Água de Rios e Reservatórios

Autoinstrucional - 40h

ANA
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Ministério do
Meio Ambiente

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA

Unidade 1
Fundamentos legais sobre a Gestão da Qualidade das Águas

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS..... 03
1 POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS..... 04
1.1 Fundamentos..... 04
1.2 Diretrizes..... 06
1.3 Objetivos..... 07
1.4 Instrumentos..... 07
1.4.1 Planos de Recursos Hídricos..... 07
1.4.1.1 Resolução 17/2001 do CNRH..... 10
1.4.2 Enquadramento..... 10
1.4.2.1 Resolução 357/05 do CONAMA..... 10
1.4.2.2 Resolução 397/2008 do CONAMA..... 12
1.4.2.3 Resolução 91/2008 do CNRH..... 12
1.4.2.4 Procedimentos para o enquadramento..... 13
1.4.3 Outorga..... 13
1.4.3.1 Resolução 25/2012 da Agência Nacional de Águas..... 14
1.4.3.2 Resolução 06/2001 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)..... 14
1.4.3.3 Resoluções de definição de parâmetros para outorga..... 15
1.4.4 Cobrança..... 16
1.4.5 Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos..... 19
2. OUTRAS NORMATIVAS E RESOLUÇÕES RELACIONADAS À QUALIDADE DE ÁGUA..... 20
2.1 Resoluções CONAMA: 274/2000, 357/05 e 430/11..... 20
2.2 Portaria 2.914, de 12 de dezembro de 2011..... 21
2.3 Resolução Conjunta 03/2010 ANA e ANEEL..... 22
RESUMO UNIDADE 1..... 23
REFERÊNCIAS..... 25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura de Programas do Plano Nacional de Recursos Hídricos.
Figura 2 - Relação do Plano de Recursos Hídricos com os demais instrumentos.
Figura 3 - Usos da água e os seus requisitos de qualidade.
Figura 4 - Classes de enquadramento e respectivos usos e qualidade da água
Figura 5 - Comitês de Bacias Hidrográficas e a cobrança em rios estaduais.
Figura 6 - Situação da Cobrança em CBHs Interestaduais e Estaduais até 2012.
Figura 7 - Limites de coliformes termotolerantes em águas costeiras.

1 POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

Os recursos hídricos são utilizados para distintas finalidades, entre as quais se destacam o abastecimento humano e animal, a geração de energia, a irrigação, a navegação, a aquicultura e a harmonia paisagística. Nas últimas décadas a preocupação do ser humano com esse recurso cresceu muito, principalmente em função das ações indevidas e do uso irracional da água, que resulta em uma série de prejuízos à sociedade.

Assim, a Lei nº 9.433/97 instituiu, no Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos, criando o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos – SINGREH, alavancando uma nova fase na administração das águas em nosso país.

Com a promulgação da chamada "Lei das Águas", cravou-se um marco na mudança do ambiente institucional regulador do uso da água, implementando-se a gestão descentralizada e participativa deste bem social, com a atuação do Poder Público, usuários e comunidade em geral, criando assim um arcabouço de instituições atuantes neste processo, como os Conselhos Nacional e Estadual de Recursos Hídricos, a Agência Nacional de Águas e os Comitês de Bacia. Nesse contexto, optou-se pela Bacia Hidrográfica como unidade básica de planejamento e operação do sistema e previu-se, ainda, instrumentos específicos, exclusivamente delineados para o gerenciamento das águas. Nesse primeiro módulo do curso serão apresentados, além dos fundamentos, as diretrizes, os objetivos e os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, de forma que todos os itens a serem estudados são de grande importância e aplicação para o monitoramento das águas.

1.1 Fundamentos

O conjunto de diretrizes sobre as quais se apoia todo o desenvolvimento desta nova visão da administração da água é prescrito pelo art. 1º da Lei 9433/97, que consagra

os seguintes preceitos como fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- I - a água é um bem de domínio público. Ou seja, não pertence ao Estado, mas a toda a coletividade.
- II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. Em outras palavras, ao se atribuir um valor econômico aos recursos hídricos, procura-se estabelecer critérios para o seu uso, garantindo a perenidade em seu acesso às presentes e futuras gerações.
- III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais. Esta é a necessidade fundamental, tendo em vista o fato de a água constituir-se como elemento essencial para a existência de todos os organismos vivos no planeta.
- IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas. O uso dos recursos hídricos pode ser classificado em uso consuntivo, considerado como aquele em que se retira a água de sua fonte natural, causando uma diminuição em sua disponibilidade espacial e temporal (irrigação e uso industrial, por exemplo), e uso não consuntivo, quando a utilização retorna praticamente a totalidade de água usada à sua fonte de suprimento, como na navegação e na recreação.
- V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. O sistema de gerenciamento da água não terá por base os limites administrativos e as fronteiras políticas que delimitam as competências entre União e Estados, podendo ocorrer de uma bacia hidrográfica ocupar o território de dois ou mais Estados.
- VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades. Em outras palavras, esta gestão provoca a transferência dos poderes tradicionais da União e Estados, privilegiando as decisões locais.

1.2 Diretrizes

As diretrizes são referências para alcançar os objetivos dentro das bases propostas nos fundamentos da Lei 9433/97. São elas:

- I- a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade; ou seja, é muito importante a combinação de informações sobre a quantidade e qualidade dos recursos, visto que não adianta ter água em abundância e contaminada, pois a qualidade é tão importante quanto a quantidade, principalmente quando se trata de atender a necessidades básicas dos seres humanos e do meio ambiente.
- II - a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País; ou seja, a gestão deve ser observada de acordo com as diferenças de cada bacia hidrográfica, considerando principalmente as particularidades e costumes das diferentes bacias.
- III - a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental; ou seja, os recursos hídricos não podem ser gerenciados de forma isolada. Assim, sugere-se a integração com órgãos gestores que controlam a qualidade do meio ambiente.
- IV - a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional, como também a articulação da política hídrica com a política agrícola, industrial e de turismo.
- V - a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo; ou seja, o uso inadequado do solo poderá prejudicar os recursos hídricos dos municípios à jusante; assim, a articulação da gestão dos recursos hídricos com a do uso do solo induz e valoriza a articulação entre os municípios.

1.3 Objetivos

Os objetivos referem-se ao que se almeja com a implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos. São eles:

- I- Garantir água em qualidade e quantidade adequada aos respectivos usos para a atual e para as futuras gerações;
- II- Proporcionar e incentivar o uso racional e integrado dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- III- Promover a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

1.4 Instrumentos

O Projeto Água: conhecimento para gestão, em parceria com a Agência Nacional de Águas (ANA), oferece cursos de Educação à distância (EAD) específicos para cada um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos.

1.4.1 Planos de Recursos Hídricos

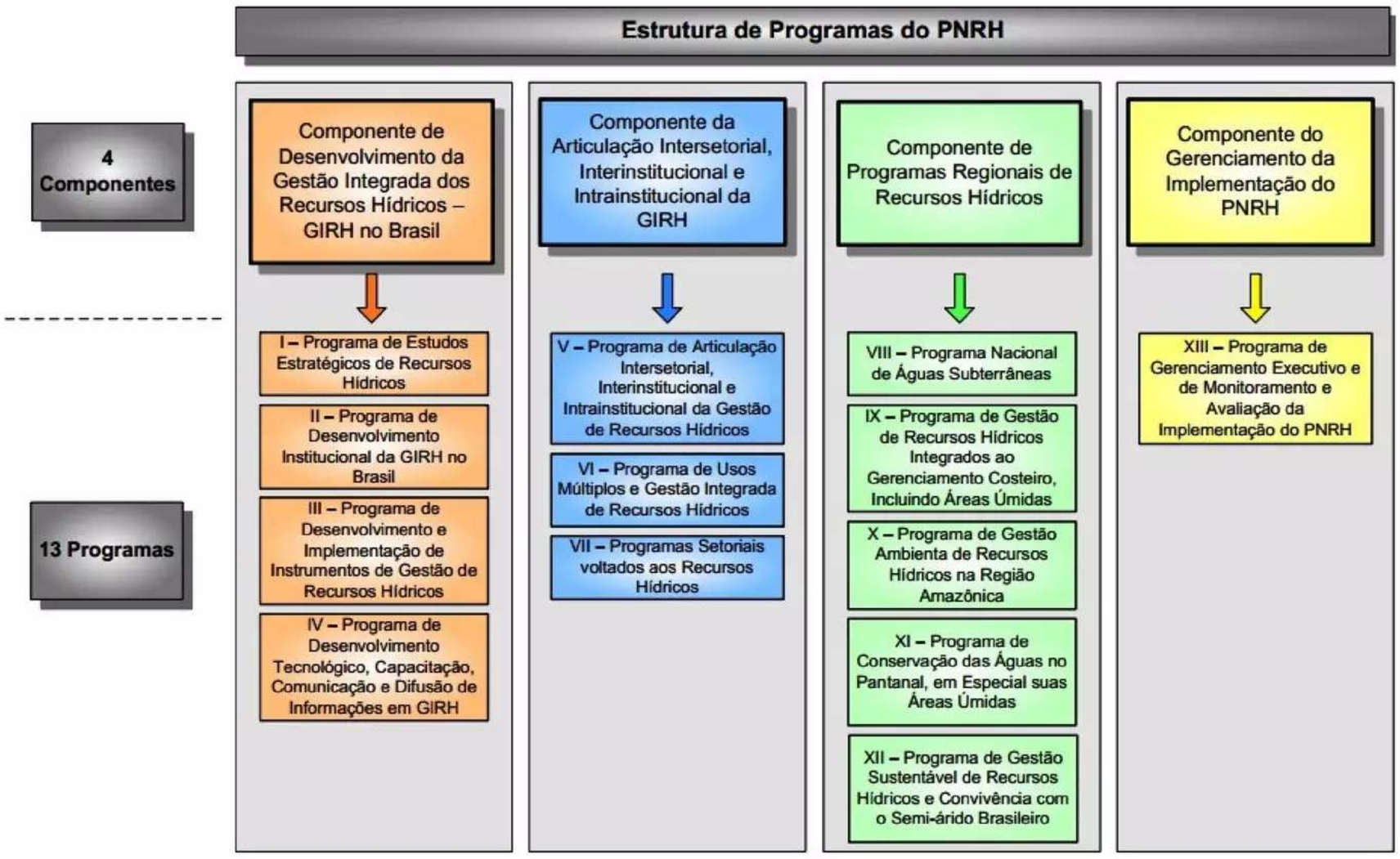
Os Planos de Recursos Hídricos, segundo a Lei 9433/97, são planos diretores que visam fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos em todas as bacias hidrográficas.

E quais são os objetivos específicos do Plano de Recursos Hídricos?

- A melhoria das disponibilidades hídricas, superficiais e subterrâneas, em qualidade e quantidade;
- A redução dos conflitos reais e potenciais de uso da água, bem como dos eventos hidrológicos críticos;
- A percepção da conservação da água como valor socioambiental relevante.

A estrutura programática do Plano Nacional de Recursos Hídricos é composta por 13 programas organizados em quatro componentes, divididos em subprogramas. Na Figura 1 podemos observar essa divisão.

Figura 1 - Estrutura de Programas do Plano Nacional de Recursos Hídricos.



Fonte: Plano Nacional de Recursos Hídricos, revisão 2010 (Acesso em: 08 de jan. 2013).

Serão elaborados Planos de Recursos Hídricos por bacia hidrográfica, por Estado e para o País, sendo que:

NACIONAL: Abrange todo o território nacional, estabelecendo metas, diretrizes e programas que possibilitem alcançar um cenário pactuado entre governo, usuários e sociedade;

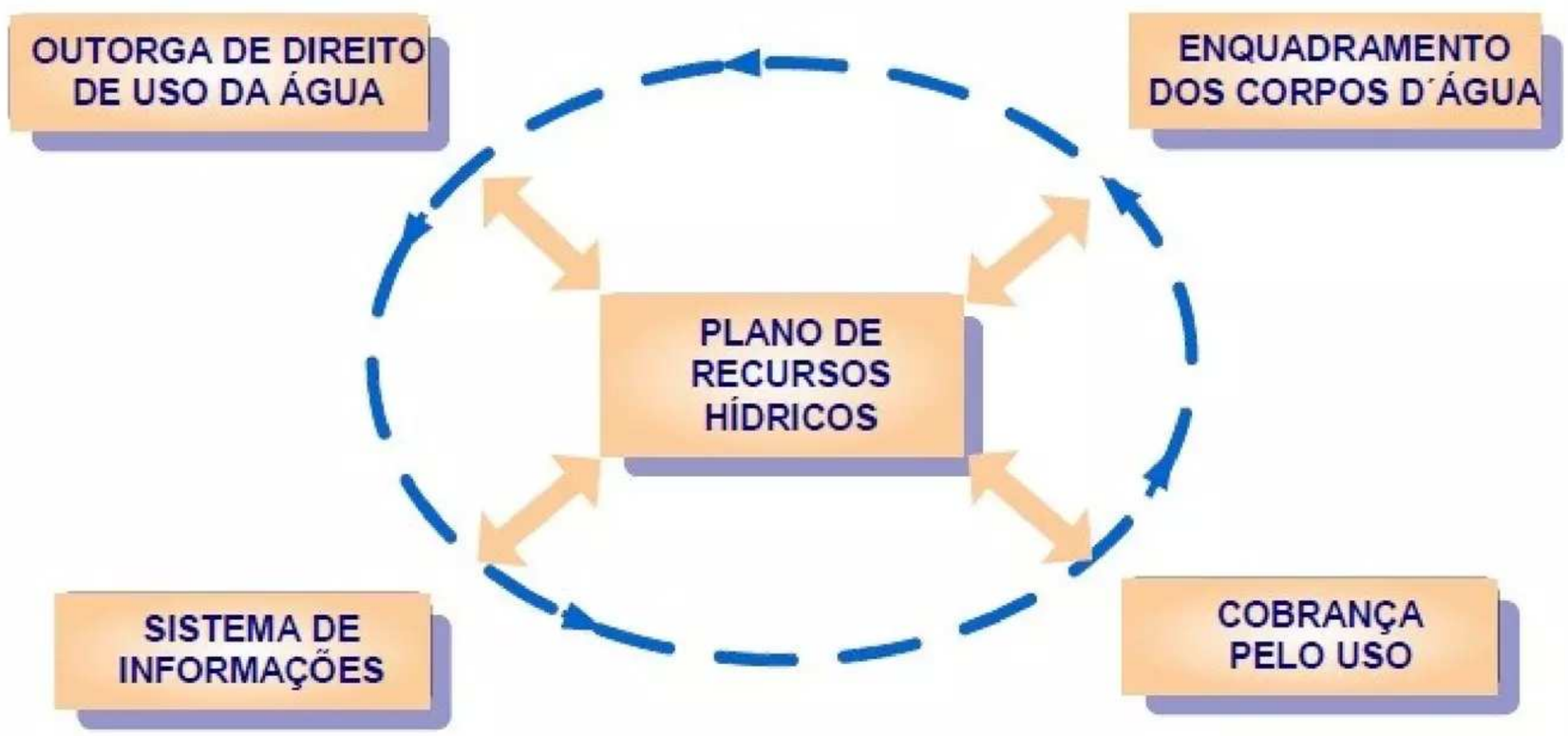
ESTADUAL: Plano estratégico de abrangência estadual, com ênfase nos sistemas estaduais de gerenciamento de recursos hídricos;

BACIA: Também denominado de plano diretor de recursos hídricos, é o documento programático para a bacia, contendo as diretrizes de usos dos recursos hídricos e medidas correlatas. Deve conter o diagnóstico da situação, a disponibilidade hídrica

e as linhas gerais de ação para ampliar ou melhorar a utilização dos recursos hídricos.

Para um melhor entendimento, podemos observar na figura 2 a relação do Plano de Recursos Hídricos com os demais instrumentos.

Figura 2 - Relação do Plano de Recursos Hídricos com os demais instrumentos.



Fonte:http://www.comitepcj.sp.gov.br/gapb/Apresentacao_GAPB_marcelo_costa_12-05-09.pdf (Acesso em: 07 de jan. 2013).

Os Planos de Recursos Hídricos são instrumentos de planejamento que servem para orientar a atuação dos gestores no que diz respeito à outorga, ao enquadramento, a cobrança e ao sistema de informações sobre recursos hídricos.

Vale ressaltar que os Planos de Recursos Hídricos devem ser formulados com uma visão de longo prazo, embora eles sejam dinâmicos e revisados de tempos em tempos. O Plano nacional, por exemplo, foi planejado até 2015 e os de bacias, em geral, são revistos num período de 4 em 4 anos.

1.4.1.1 Resolução 17/2001 do CNRH

A Resolução 17/2001 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) determina que os Planos de Recursos Hídricos devem levar em consideração os planos, programas, projetos e demais estudos relacionados aos recursos hídricos existentes na área de abrangência das respectivas bacias, constituídos por diagnósticos e prognósticos, alternativas de compatibilização, metas, estratégias, programas e projetos.

1.4.2 Enquadramento

O enquadramento busca "assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas" e "diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes" (art. 9º, Lei nº 9.433, de 1997). Segundo a Agência Nacional de Águas (2009) o enquadramento de rio ou de qualquer outro corpo d'água deve considerar três aspectos principais:

- o rio que temos: condição atual;
- o rio que queremos: representa uma visão de futuro;
- o rio que podemos ter: uma visão realista que representa as limitações técnicas/econômicas.

O enquadramento dos corpos d'água representa referência para o licenciamento ambiental, a outorga e a cobrança, assim como base para a execução do plano de recursos hídricos.

1.4.2.1 Resolução 357/05 do CONAMA

A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005 *"dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências"*. As classes de corpos de água existentes no

território brasileiro são classificadas em águas doces, salobras e salinas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em 13 classes de qualidade, sendo cinco classes para água doce, quatro classes para água salobra e quatro classes para águas salinas.

Os usos a serem analisados previstos nas classes de enquadramento são: abastecimento para consumo humano; preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; preservação dos ambientes aquáticos em Unidades de Conservação (UCs) de proteção integral; proteção das comunidades aquáticas, inclusive em terras indígenas; recreação de contato primário ou secundário; irrigação: hortaliças, plantas frutíferas, culturas arbóreas, cerealíferas, forrageiras; aquicultura e pesca; dessedentação de animais; navegação; harmonia paisagística e outros como mineração, industrial e a produção de hidroeletricidade.

Na figura abaixo podemos ter uma ideia dos diversos usos e os requisitos de qualidade da água.

Figura 3 - Usos da água e os seus requisitos de qualidade.

Fonte:http://www.comitepcj.sp.gov.br/gapb/Apresentacao_GAPB_marcelo_costa_12-05-09.p

df (Acesso em: 07 de jan. 2013).

A resolução estabelece padrões de enquadramento aos diversos usos, variando com o nível de exigência da qualidade da água conforme a Figura 4.

Figura 4 - Classes de enquadramento e respectivos usos e qualidade da água

Fonte: Programa Nacional de Qualidade das Águas (2009) (Acesso em: 10 de jan. 2013).

1.4.2.2 Resolução 397/2008 do CONAMA

A Resolução CONAMA 397/2008 altera o art. 34 da Resolução nº 357/2005 em questões sobre condições e padrões de lançamento de efluentes. E como será visto mais adiante, a Resolução CONAMA nº 357/05 foi alterada e complementada pela Resolução 430/2011.

1.4.2.3 Resolução 91/2008 do CNRH

A Resolução CNRH 91/2008 dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos e aborda a questão da qualidade de água no contexto desse instrumento.

1.4.2.4 Procedimentos para o enquadramento

O processo de enquadramento deve contar com a participação da comunidade da bacia, por meio da realização de consultas públicas, encontros técnicos ou oficinas de trabalho. Ao longo do processo de elaboração do enquadramento, devem ocorrer eventos com participação pública nas fases de diagnóstico e prognóstico e durante a fase de elaboração da proposta.

O passo inicial para o enquadramento é a criação de um grupo técnico de acompanhamento proposto pelo Comitê da Bacia, geralmente coordenado por agência de bacia ou órgão gestor de recursos hídricos, integrado por representantes do órgão gestor de meio ambiente, empresas de saneamento e outros representantes (indústria, mineração, etc.) e a sociedade em geral.

O processo de enquadramento é dividido em quatro etapas principais: diagnóstico da bacia; prognóstico da bacia; elaboração da proposta de enquadramento e análise e deliberações do Comitê da Bacia e do Conselho de Recursos Hídricos.

1.4.3 Outorga

A outorga de direito de uso de recursos hídricos é um dos seis instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos. Esse instrumento tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso aos recursos hídricos.

A outorga assegura ao órgão gestor controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e ao interessado o direito de utilizar a água de uma determinada fonte hídrica, com vazão, finalidade e períodos definidos. A ANA é a responsável pela emissão de outorgas de direito de uso de recursos hídricos em corpos hídricos de domínio da União, que são os rios, lagos e represas que dividem ou passam por dois ou mais

estados ou, ainda, aqueles que passam pela fronteira entre o Brasil e outros países.

Conforme disposto na Lei Federal 9433/1997, os usos que dependem de outorga são:

- A derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo d'água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;
- A extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;
- Lançamento, em corpo de água, de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;
- Uso de recursos hídricos com fins de aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;
- Outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

1.4.3.1 Resolução 25/2012 da Agência Nacional de Águas

A Resolução em questão estabelece diretrizes para análise dos aspectos de qualidade da água dos pedidos de declaração de Reserva de Disponibilidade hídrica e de outorga do direito de uso de recursos hídricos em reservatórios de domínio da União.

1.4.3.2 Resolução 06/2001 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)

A resolução 06/2001 institui o programa e os objetivos do Programa Despoluição das Bacias Hidrográficas (PRODES). Os objetivos desse programa são:

- I – reduzir os níveis de poluição hídrica observados nas bacias hidrográficas

do país;

- II – induzir a implantação de sistemas de gerenciamento de recursos hídricos nestas áreas, mediante a constituição de Comitês de Bacia Hidrográfica (Comitê) e respectivas Agências e implementação de mecanismos para a cobrança pelo direito de uso de recursos hídricos, conforme previsto pela Lei 9.433/1997.

Segundo o site da ANA, o PRODES *"desde seu início, em 2001, contratou 55 empreendimentos que atenderam a cerca de 5,56 milhões de brasileiros e desembolsou R$ 200,82 milhões pelo esgoto tratado. Esses recursos alavancaram investimentos de aproximadamente 720 milhões de reais dos prestadores de serviços de saneamento na implantação das estações de tratamento de esgotos".*

1.4.3.3 Resoluções de definição de parâmetros para outorga

A Lei 9.984/2000 determina que em corpos hídricos de domínio dos Estados e do Distrito Federal a solicitação de outorga deve ser feita ao órgão gestor estadual de recursos hídricos. Em cumprimento à referida lei, a ANA dá publicidade aos pedidos de outorga de direito de uso de recursos hídricos e às respectivas autorizações, mediante publicação sistemática das solicitações nos Diários Oficiais da União e do respectivo Estado e da publicação dos extratos das Resoluções de Outorga (autorizações) no Diário Oficial da União.

Já a Resolução 707/2004 da ANA "dispõe sobre procedimentos de natureza técnica e administrativa a serem observados no exame de pedidos de outorga, e dá outras providências". De acordo com a lei, não são objetos de outorga de direito de uso de recursos hídricos, mas obrigatoriamente de cadastro no Cadastro Nacional CNARH:

- I - serviços de limpeza e conservação de margens, incluindo dragagem, desde que não alterem o regime, a quantidade ou qualidade da água

existente no corpo de água;

- II - obras de travessia de corpos de água que não interfiram na quantidade, qualidade ou regime das águas, cujo cadastramento deve ser acompanhado de atestado da Capitania dos Portos quanto aos aspectos de compatibilidade com a navegação;
- III - usos com vazões de captação máximas instantâneas inferiores a 1,0 L/s, quando não houver deliberação diferente do CNRH.

Ainda de acordo com esta resolução, a decisão sobre os pedidos de outorga, condições de uso da água e prazos de validade das outorgas são definidos com base em três fatores.

- a racionalidade no uso da água, avaliada de acordo com procedimentos e critérios;
- a magnitude do conflito pelo uso da água na bacia, avaliada pela relação entre as demandas totais existentes e as vazões de referência;
- a magnitude da participação individual do usuário no comprometimento dos recursos hídricos, avaliada pela relação entre a demanda individual do usuário e as vazões de referência.

1.4.4 Cobrança

O que é a cobrança pelo uso da água? É um dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos instituídos pela Lei 9433/97, que tem como objetivo estimular o uso racional da água e gerar recursos financeiros para investimentos na recuperação e preservação dos mananciais das bacias. A cobrança não é um imposto, mas um preço condominial, fixado a partir de um pacto entre os usuários de água e o Comitê de Bacia, com o apoio técnico da ANA.

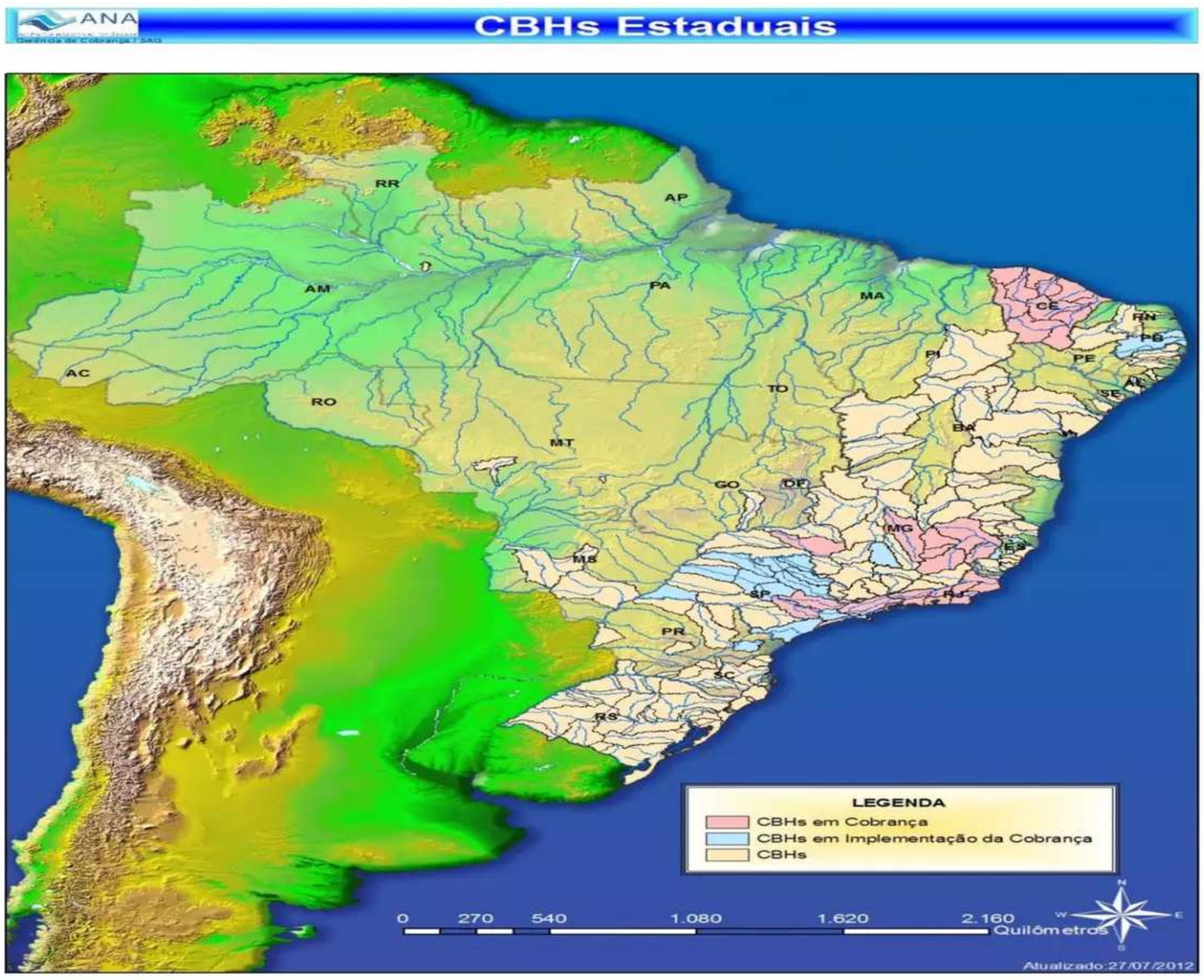
Por que cobrar pelo uso da água? Em função de condições de escassez em

quantidade e/ou qualidade, a água deixou de ser um bem livre e passou a ter valor econômico. Esse fato contribuiu para a adoção de um novo paradigma de gestão desse recurso, que compreende a utilização de instrumentos regulatórios e econômicos, como a cobrança pelo uso da água.

Quem Cobra? Compete à ANA operacionalizar a cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio da União, ou seja, daqueles rios ou demais cursos d'água que atravessam mais de um Estado da federação. Nos rios de domínio estadual, compete ao órgão de recursos hídricos ou ainda à Agência de Bacia, caso ela esteja em funcionamento.

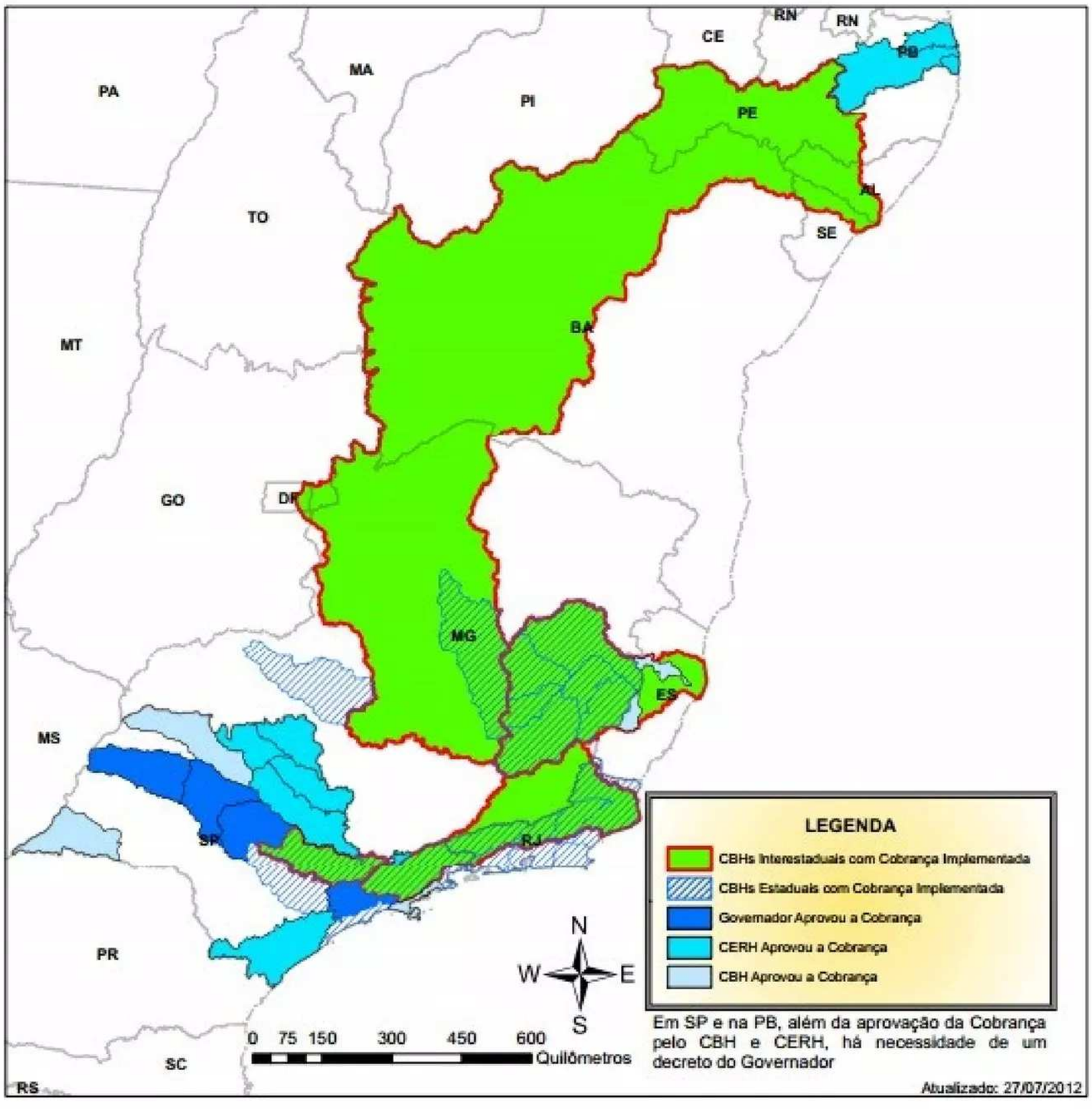
De acordo com as figuras abaixo, podemos ter uma ideia da situação em que os Comitês de Bacias Hidrográficas encontram-se em relação à cobrança do uso da água.

Figura 5 - Comitês de Bacias Hidrográficas e a cobrança em rios estaduais.



Fonte: ANA (2012) (Acesso em: 12 de jan. 2013).

Figura 6 - Situação da Cobrança em CBHs Interestaduais e Estaduais até 2012.



Fonte: ANA (2012) (Acesso em: 12 de jan. 2013).

Basicamente, espera-se com a cobrança o alcance das metas e projeções de melhoria da qualidade da água. Por exemplo, se um trecho de um rio x for enquadrado como rio de classe 2, porém, os parâmetros analisados na água estão acima do permitido para esta classe, conforme preconiza a resolução 357/05 do CONAMA, significa que o Plano de Recurso Hídrico daquela bacia deverá estabelecer programas, projetos e metas de melhoria, e o recurso financeiro para tal poderá advir da cobrança.

1.4.5 Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos

O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre Recursos Hídricos que atualiza permanentemente as informações sobre demanda e disponibilidade de águas em todo território nacional e fornece subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos, sobretudo na fase de diagnóstico. Sem a aplicação desse instrumento é impossível estabelecer os outros instrumentos da PNRH.

O sistema de gestão das águas engloba organismos, agências e instituições governamentais como o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, a Agência Nacional de Águas, os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal, os Comitês de Bacia Hidrográfica, as Agências de Águas e os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais, cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos. Esse item será trabalhado com maior ênfase na Unidade 6.

2 OUTRAS NORMATIVAS E RESOLUÇÕES RELACIONADAS À QUALIDADE DE ÁGUA

2.1 Resoluções CONAMA: 274/2000, 357/05 e 430/11

Seguem mais legislações que contribuem para o monitoramento da qualidade da água:

Resolução 274/2000: *"Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras"*, voltados principalmente para o monitoramento de coliformes termotolerantes em análises consecutivas para a classificação de águas destinadas à recreação de contato primário.

Como exemplo, o Estado de São Paulo atua com o Programa de Balneabilidade das Praias realizado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB que está estruturado para atender às especificações da Resolução em questão e informar à população as condições das praias do estado.

A CETESB realiza o monitoramento das áreas costeiras e classifica-as em quatro categorias: Excelente, Muito Boa, Satisfatória e Imprópria, de acordo com as densidades de coliformes termotolerantes ou *E. coli* resultantes de análises feitas em cinco amostragens consecutivas para a emissão de um laudo com os resultados. Essas categorias podem ser agrupadas em Própria e Imprópria. Na figura abaixo podemos observar os limites de coliformes.

Figura 7 - Limites de coliformes termotolerantes em águas costeiras.

NMP
Número Mais Provável
É a estimativa da densidade de coliformes fecais em uma amostra, calculada a partir da combinação de resultados positivos e negativos, obtidos mediante a aplicação da técnica denominada Tubos Múltiplos.

UCF
Unidades Formadoras de Colônias

Limites de coliformes fecais por 100mL por categoria				
Categoria	Porcentagem do Tempo	Limite de Coliforme Fecal (NMP/100mL)	Limite de *E. Coli* (UCF/100mL)	Limite de *Enterococos* (UCF/100mL)
PRÓPRIA				
Excelente	valor máximo em 80% ou mais do tempo	250	200	25
Muito Boa		500	400	50
Satisfatória		1000	800	100
IMPRÓPRIA				
superior ao valor indicado em 20% do tempo		1000	800	100
superior ao valor indicado na última amostragem		2500	2000	400

Fonte: CETESB (2010) (Acesso em: 10 de jan de 2013).

Resolução CONAMA nº 357/05: Conforme descrito anteriormente, essa resolução dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Vale ressaltar que alguns parâmetros de condição e padrões de efluentes foram complementados e alterados pela Resolução CONAMA 430/ 11.

Resolução CONAMA nº430/11: Esta Resolução complementa e altera alguns padrões do CONAMA 357/05 e traz novidades, como a separação das Condições de Padrões de Lançamento para efluentes e Condições e Padrões para Efluentes de Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários. Antes esta separação não existia, fazendo com que todos os empreendimentos que descartavam seus resíduos líquidos em corpos de água seguissem as mesmas regras.

2.2 Portaria 2.914, de 12 de dezembro de 2011

Esta Portaria foi estabelecida pelo Ministério da Saúde e dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, ou seja, ela regulamenta os padrões de potabilidade para consumo humano após tratamento nas estações de tratamento de água (ETAs).

2.3 Resolução Conjunta 03/2010 ANA e ANEEL

Esta Resolução *"estabelece as condições a serem observadas pelos concessionários e autorizadas de geração de energia hidrelétrica para a instalação, operação e manutenção de estações hidrométricas visando ao monitoramento pluviométrico, limnimétrico, fluviométrico, sedimentométrico e de qualidade da água associado a aproveitamentos hidrelétricos".*

De acordo com a Resolução:

> § 1º O monitoramento pluviométrico é o conjunto de ações e equipamentos destinados ao levantamento de dados de precipitação.
> § 2º O monitoramento limnimétrico, para os fins desta Resolução, é o conjunto de ações e equipamentos destinados ao levantamento de dados do nível d'água do reservatório do aproveitamento hidrelétrico.
> § 3º O monitoramento fluviométrico é o conjunto de ações e equipamentos destinados ao levantamento de dados do nível d'água, bem como medições de descarga líquida que permitam a definição e atualização da curva de descarga.
> § 4º O monitoramento sedimentométrico é o conjunto de ações e equipamentos destinados ao levantamento de dados de sedimentos em suspensão e de fundo, que permitam determinar a descarga sólida total.
> § 5º O monitoramento de qualidade da água é o conjunto de ações e equipamentos destinados ao levantamento de parâmetros de qualidade da água.

A promulgação dessa resolução torna-se importante para inclusão de dados e informações no Sistema Nacional de Informações sobre os Recursos Hídricos, pois sabe-se que as empresas do setor hidroelétrico são detentoras de muitas informações, as quais por sua vez podem e devem auxiliar a implementação dos instrumentos da política nacional.

RESUMO UNIDADE 1

Nesta unidade você aprendeu sobre os fundamentos legais da gestão da qualidade das águas por meio da Política Nacional de Recursos Hídricos e de outras normativas relacionadas à qualidade da água.

Conforme verificado na Unidade, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) incorpora princípios e normas para a gestão de recursos hídricos, onde os fundamentos estabelecidos são: a água é um bem de domínio público; a água é um recurso limitado dotado de valor econômico; em caso de danos ambientais, como escassez, o uso prioritário é o consumo humano e a dessedentação de animais; a gestão de recursos hídricos deve proporcionar o uso múltiplo das águas, entre outros.

Conforme trabalhado, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) possui importantes objetivos, que incluem: assegurar à atual e às futuras gerações a disponibilidade hídrica com padrões de qualidade adequados ao uso; assegurar a utilização racional e integrada dos recursos hídricos; prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural.

Já os instrumentos da PNRH são: os planos de recursos hídricos; o enquadramento dos corpos d'água em classes; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; cobrança e sistema de informações sobre recursos hídricos. Cabe ressaltar que o instrumento de enquadramento dos corpos d'água conta com o auxílio de determinadas resoluções, como as do CONAMA (357/05 e 397/08) e a resolução 91/08 do CNRH.

Outras normativas que foram estudadas também estão relacionadas à qualidade da água, como a Resolução 274/00 do CONAMA, que determina os parâmetros de balneabilidade.

Além dessas resoluções, a Unidade 1 apresentou a Portaria 2.914/11. Esta portaria determina os parâmetros de qualidade da água para consumo humano. Para o monitoramento das águas em reservatórios de hidrelétricas, nos baseamos na Resolução Conjunta 03/10 ANA e ANEEL, que estabelece o monitoramento dos reservatórios por meio do monitoramento fluviométrico, pluviométrico, limnimétrico e sedimentométrico.

Para finalizar, esta unidade trabalhou a PNRH e outras normativas relacionadas à qualidade da água, que podem contribuir para o monitoramento, proporcionando melhorias à população, tanto em qualidade quanto em quantidade.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil.** (Cadernos de Recursos Hídricos, 1). Brasília, 2005, 175 p. Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/estudos/sprtew/1/1-ANA.swf. Acesso em: 09 jan. 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Lei nº 9.433/97. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.** Disponível em: http://www.ana.gov.br/Institucional/Legislacao/leis/lei9433.pdf. Acesso em: 05 de jan. 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). **Panorama Do Enquadramento Dos Corpos D'água Do Brasil, e, Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. / coordenação geral, João Gilberto Lotufo Conejo; coordenação executiva, Marcelo Pires da Costa, José Luiz Gomes Zoby.** Brasília: ANA, 2007.124 p.: il. (Caderno de Recursos Hídricos, 5). Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/Publicao/PANORAMA%20DO%20ENQUADRAMENTO.pdf. Acesso em 03 jan. 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Sistema Nacional De Informações Sobre Recursos Hídricos – Snirh no Brasil: arquitetura computacional e sistêmica / Agência Nacional de Águas - Brasília: ANA, 2009.145 p.: il. – (Cadernos de recursos hídricos; 6).** Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/Publicao/IMPLEMENTA%C3%87%C3%83O%20DO%20ENQUADRAMENTO.pdf. Acesso em: 04 jan. 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Resolução nº 06/2001 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Institui o Programa Nacional de despoluição das bacias hidrográficas (PROGRAMA).** Disponível em: http://www.ana.gov.br/prodes/normativos.asp. Acesso em: 10 jan. 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Resolução 25/2012. Estabelece diretrizes para análise dos aspectos de qualidade da água dos pedidos de declaração de Reserva de Disponibilidade hídrica e de outorga do direito de uso de recursos hídricos em reservatórios de domínio da União.** Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2012/25-2012.pdf. Acesso em: 12 jan. 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL); Agência Nacional de Águas (ANA). **Resolução conjunta nº 003, de 10 de agosto de 2010. Estabelece as condições e os procedimentos a serem observados pelos concessionários e autorizados de geração de energia hidrelétrica para a instalação, operação e manutenção de estações hidrométricas visando ao monitoramento pluviométrico, limnimétrico, fluviométrico, sedimentométrico e de qualidade da água associado a aproveitamentos hidrelétricos, e dar outras providências.** Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/infohidrologicas/cadastro/ResolucaoConjunta_n_003-2010.pdf. Acesso em: 09 jan. 2013.

ANA, **Agência Nacional de Águas.** Disponível em: http://www.ana.gov.br/prodes/prodes2012.asp 2013. Acesso em: 09 jan. 2013.

ANA, **Agência Nacional de Águas.** Disponível em: http://www.ana.gov.br/prodes/normativos.asp. Acesso em: 04 jan. 2013.

ANA, **Agência Nacional de Águas.** Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/Padres/enquadramento_introducao.aspx. Acesso em: 10 jan. 2013.

ANA, **Agência Nacional de Águas.** Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sag/CobrancaUso/Cobranca/SituacaodaCobrancaemCBHsCompletoAte2012.pdf. Acesso em: 12 jan. 2013.

ANA, Agência Nacional de Águas. **O enquadramento dos corpos d'água como instrumento de gestão dos recursos hídricos com ênfase no estabelecimento de metas progressivas e intermediárias.** Disponível em: http://www.comitepcj.sp.gov.br/gapb/Apresentacao_GAPB_marcelo_costa_12-0509.pdf. Acesso em: 07 jan. 2013

CETESB. **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.** Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/praias/127-legislacao>. Acesso em: 05 jan. 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/CONAMA/res/res05/res35705.pdf. Acesso em: 15 jan. 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 397, de 17 de março de 2005. Altera o inciso II do § 4o e a Tabela X do § 5º, ambos do art. 34 da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA no 357, de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.** Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/CONAMA/legiabre.cfm?codlegi=563. Acesso em: 14 jan. 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 91, de 05 de novembro de 2008. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos.** Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/Publicao/RESOLU%C3%87%C3%83O %20CNRH%20n%C2%BA%2091.pdf. Acesso em: 10 jan. 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 17, de 29 de maio de 2009.** Disponível em: http://www.riodoce.cbh.gov.br/_docs%5Cleis %5CCNRH_ConjuntodeNormasLegaisdeRecursosHidricos.pdf. Acesso em: 11 jan. 2013.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em: 13 jan. 2013.

PLANO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Diretrizes: Volume 3 / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 2006.** Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao03032011025152.pdf. Acesso em: 08 jan.2013.

PLANO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Disponível em: http://www.paranaiba.cbh.gov.br/Apresentacoes/05aRO/PNRH_2025_Revisao_2010.pdf. Acesso em: 08 de jan. 2013.

PLANO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Programas nacionais e metas: Volume 4 / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. – Brasília: MMA, 2006.** Disponível em:

http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao03032011025031.pdf. Acesso em 03 jan. 2013.

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 Morfométria 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 Lêntico

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/Paranáfigura

6 – Divisão Didática Dos Ecossistemas Lênticos

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

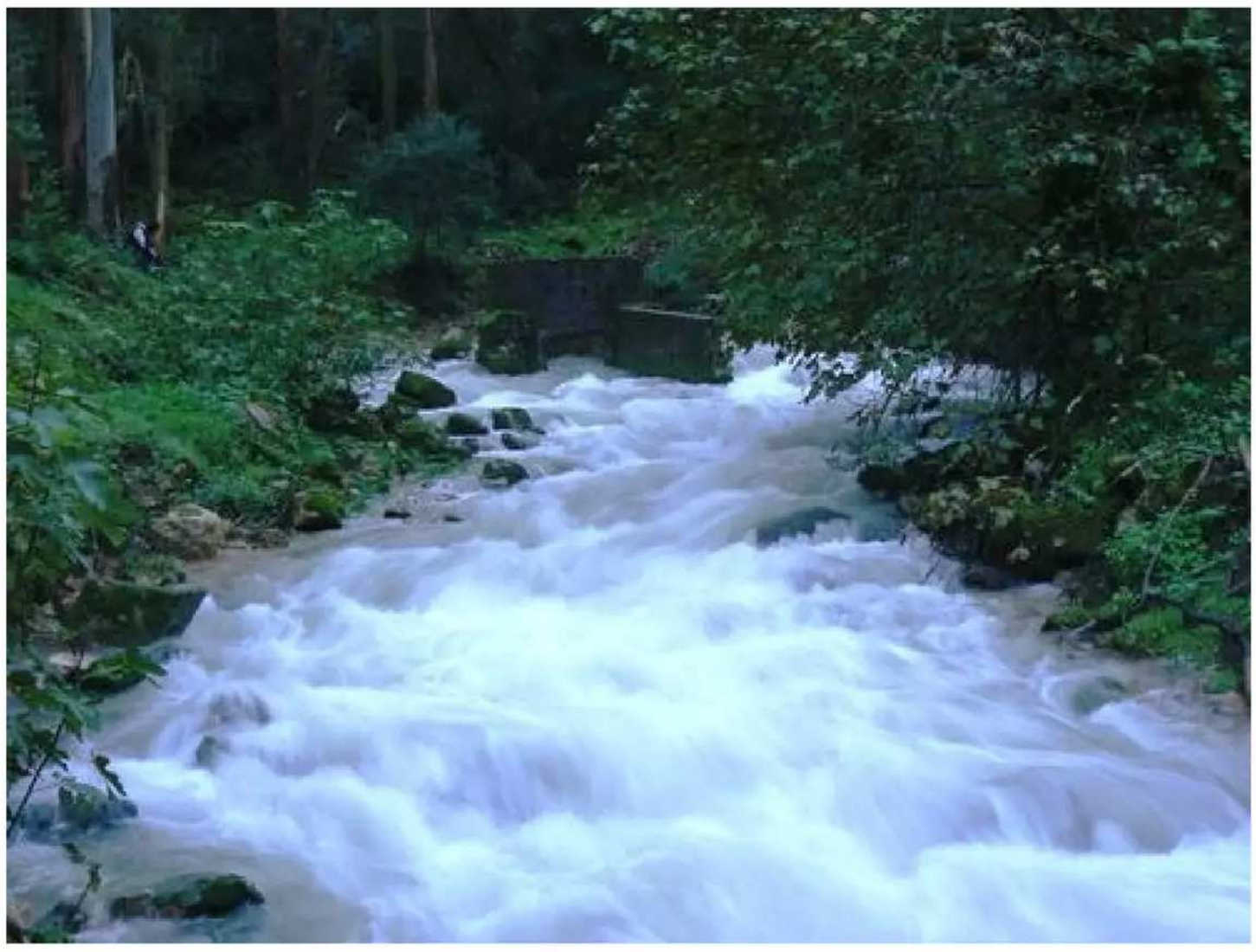
heterotrófico e também a rara estratificação térmica e química em ambientes lóticos.

A tensão de oxigênio também tende a ser mais alta e mais uniforme em rios.

Figura 1 – Ecossistema Lêntico

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

Figura 2 – Ecossistema Lótico



Fonte: meioambiente.culturamix.com/natureza/ecosssistemas-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 consequentemente 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

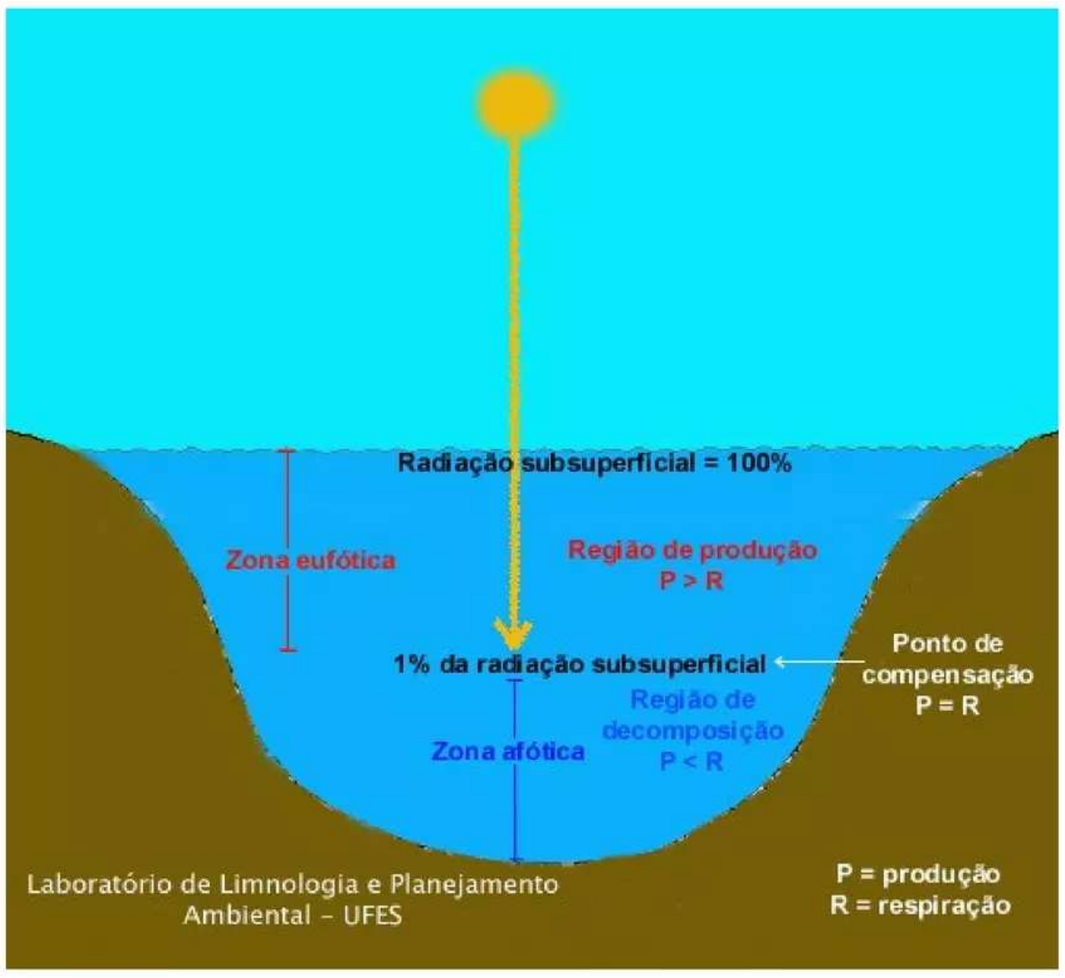
Da radiação solar que atinge a superfície dos lagos e represas, parte é refletida, voltando para a atmosfera, e parte é absorvida. A quantidade de radiação refletida é influenciada pelas condições da superfície da água e pelo ângulo de incidência da radiação na superfície. A radiação solar, ao penetrar 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 cal/g/ºC), 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 (eplimnion): 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;

b. Holomítico: quando na maior parte do tempo a massa de água não apresenta estratificação térmica, ou seja, apresentam circulação completa (Tundisi, Tundisi, 2008).

c. Monomítico: apresentam um período anual regular de circulação total que ocorre em uma época do ano. Podem ser:

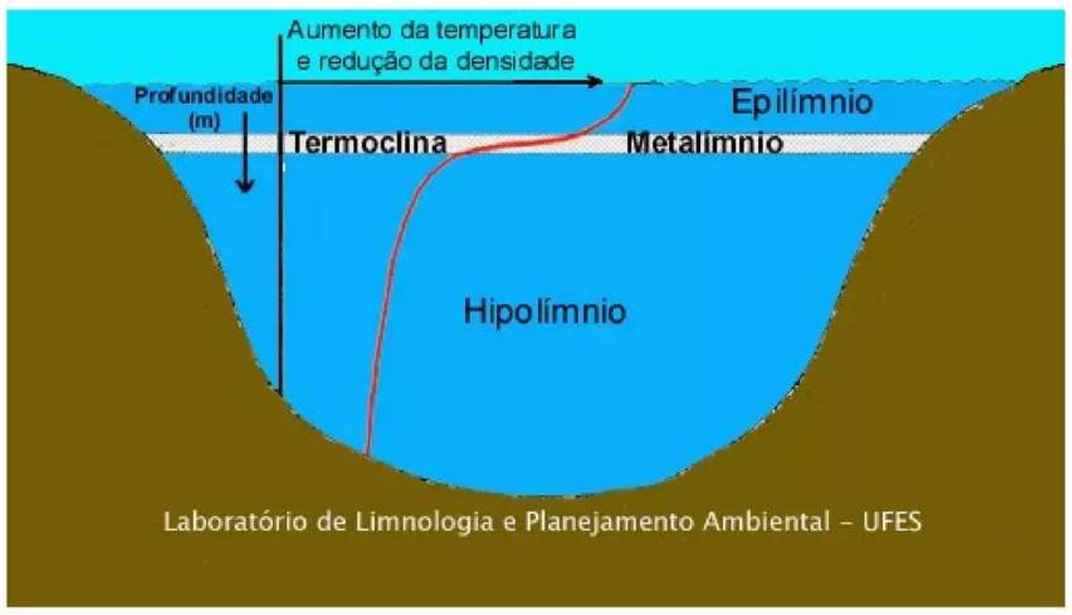
- Monomítico quente: lagos com circulação somente no inverno; neste lago a temperatura nunca cai abaixo de 4°C e localizam-se em regiões subtropicais.

- 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.

d. 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.

e. 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 efluente 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 vazio* 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-ser 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 ¾ 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.

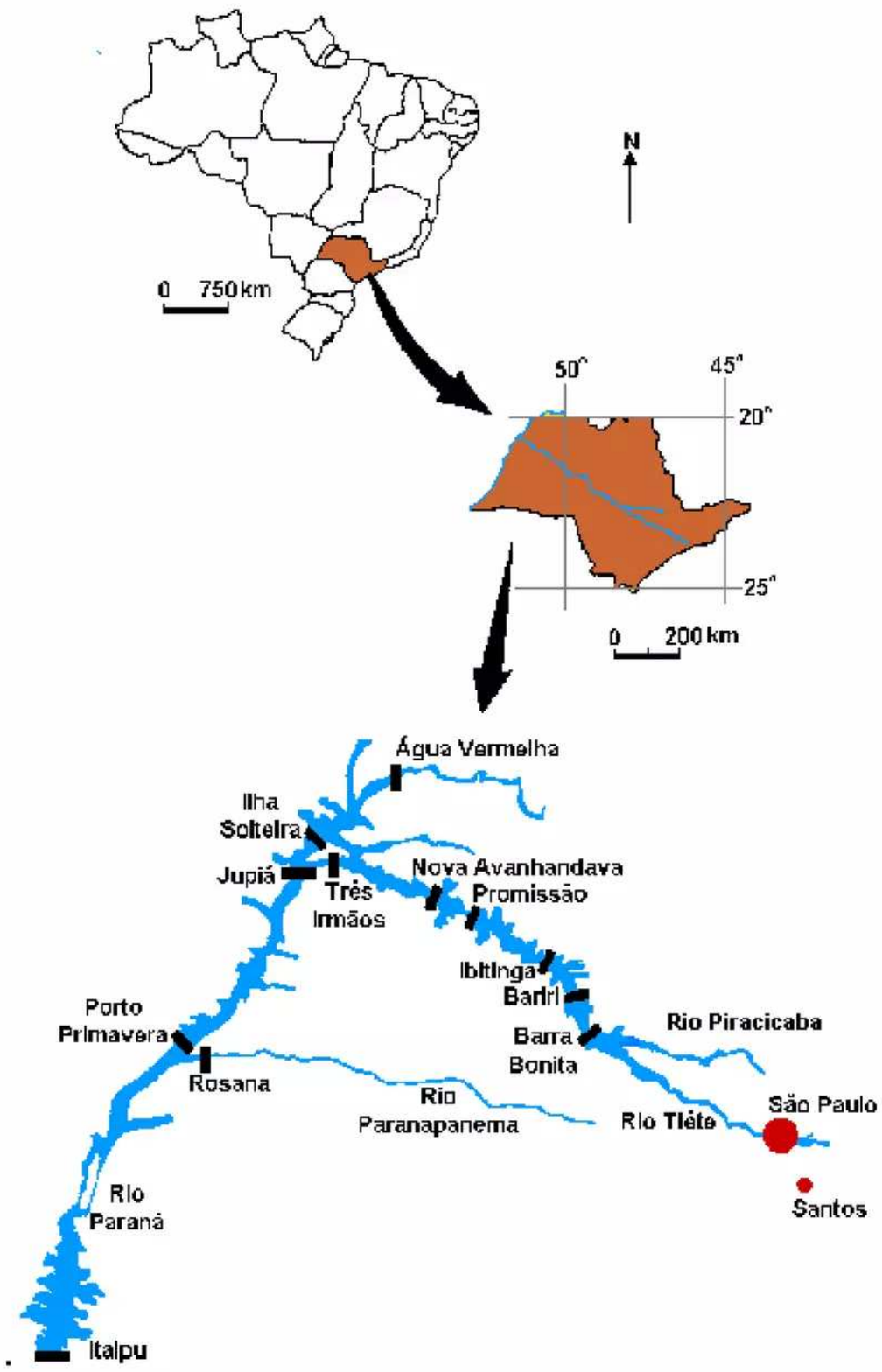
Neste tipo de reservatório ocorre a diminuição dos poluentes ao longo do sistema; os reservatórios em cascata têm a capacidade de reter parte dos poluentes e nutrientes indesejáveis, melhorando a qualidade da água e reduzindo as concentrações de sedimento ao longo do sistema.

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 Avanhadava 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 Tietê/Paraná



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

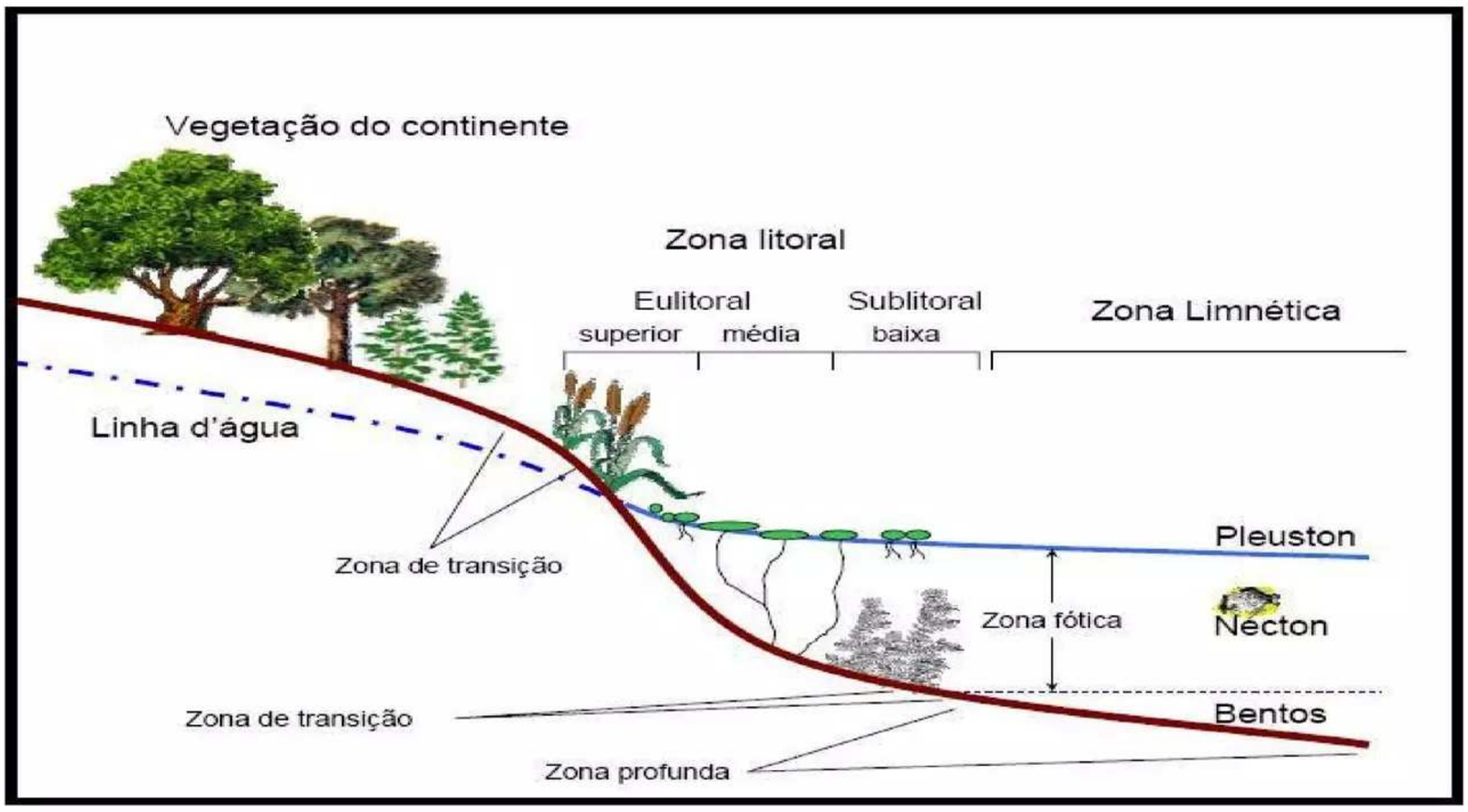
Compartimentos

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:

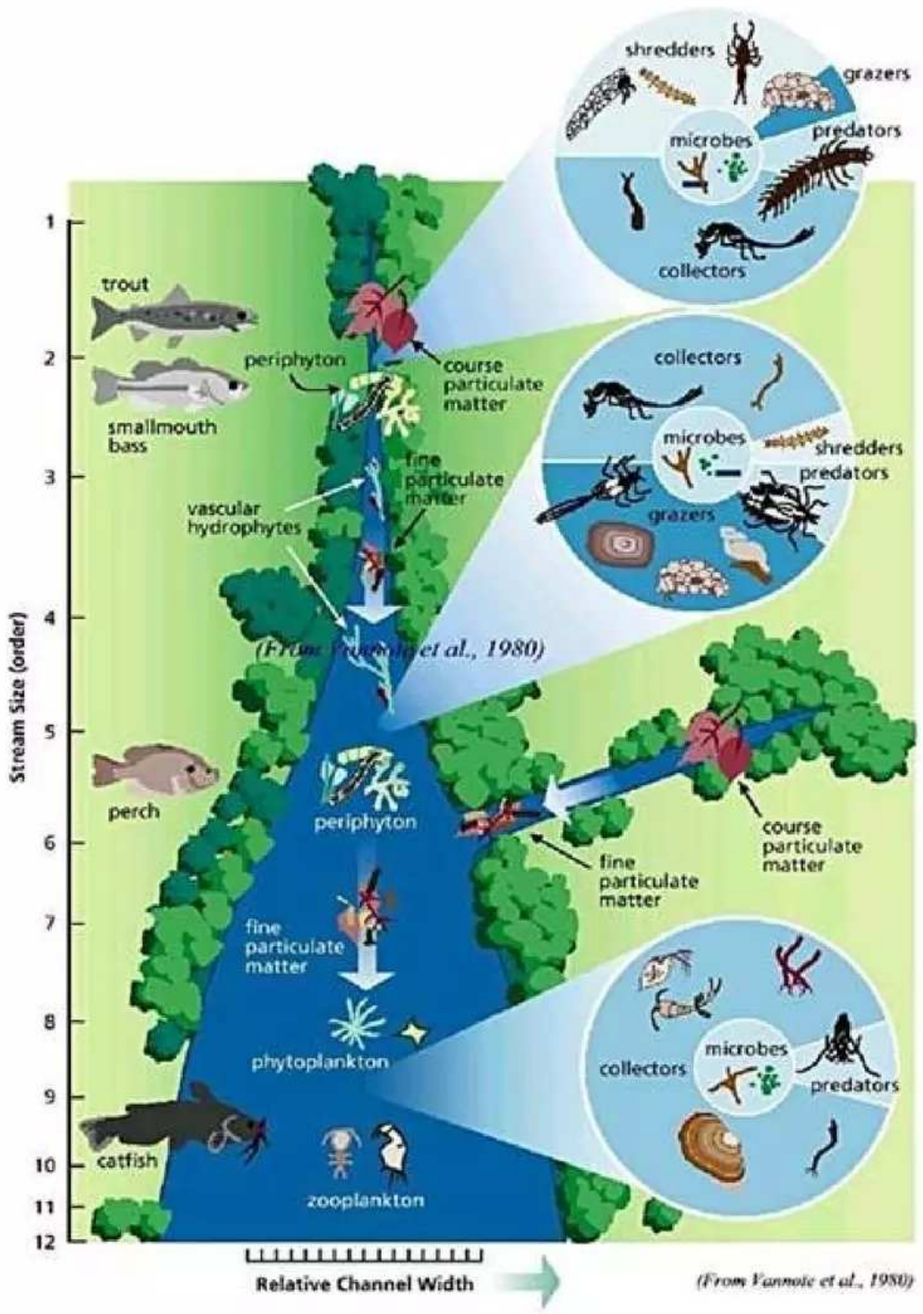
Rios de Cabeceira (cursos de ordem 1 a 3): altamente dependentes das contribuições terrestres de matéria orgânica como folhas, com pouca ou nenhuma produção fotossintética, com P/R < 1 (Produção/Respiração), principalmente devido ao sombreamento dos rios, causado pela presença das copas das árvores.

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 carreada 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 fluído em escoar), a densidade do fluído 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

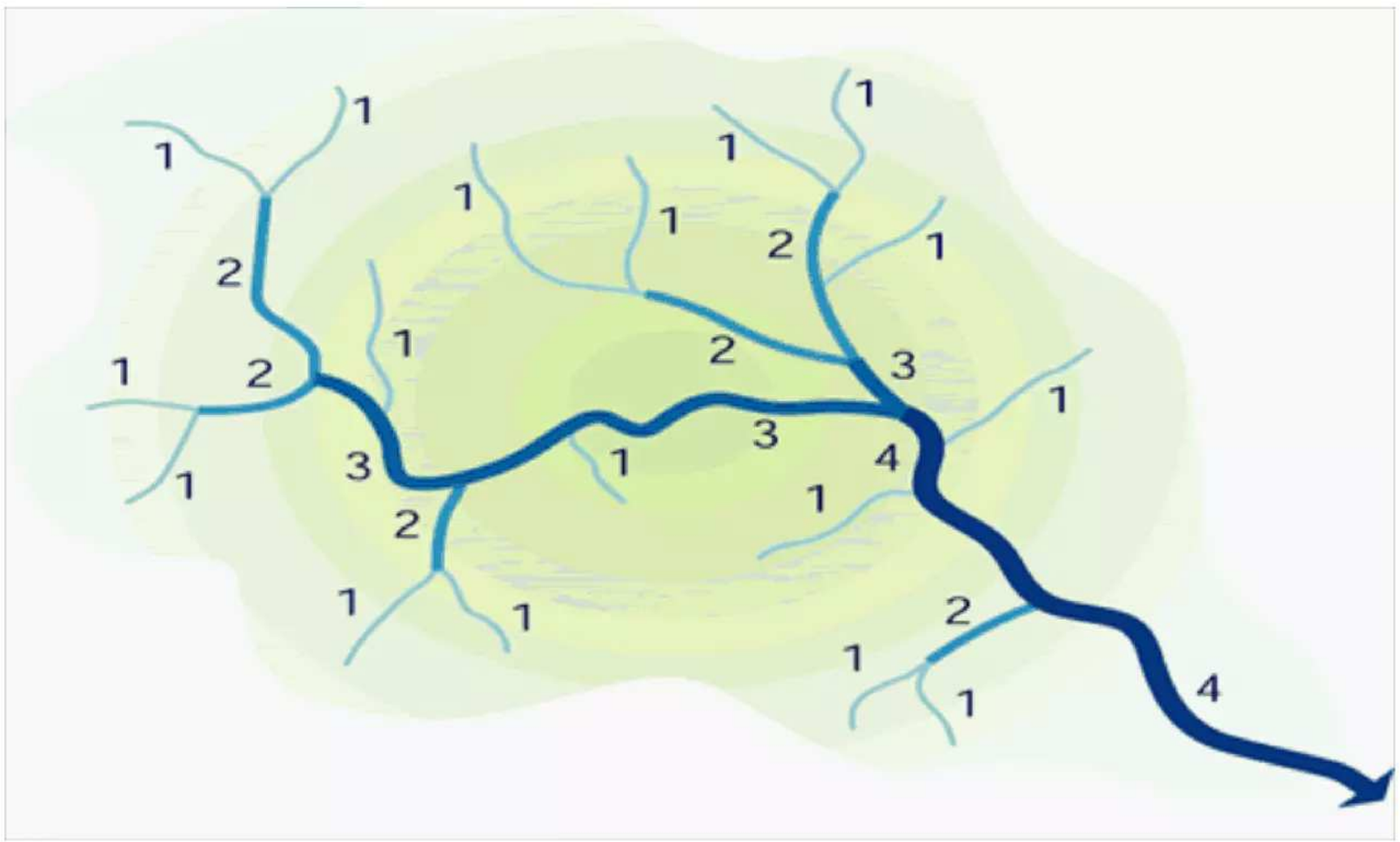
Os sistemas fluviais, quando vistos de cima, revelam um padrão tipo árvore, com vários pequenos cursos de água desaguando em rios mais largos e em menor número e posteriormente em rios de maiores dimensões. Vários sistemas têm sido desenvolvidos para classificar os diferentes níveis de cursos de água.

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

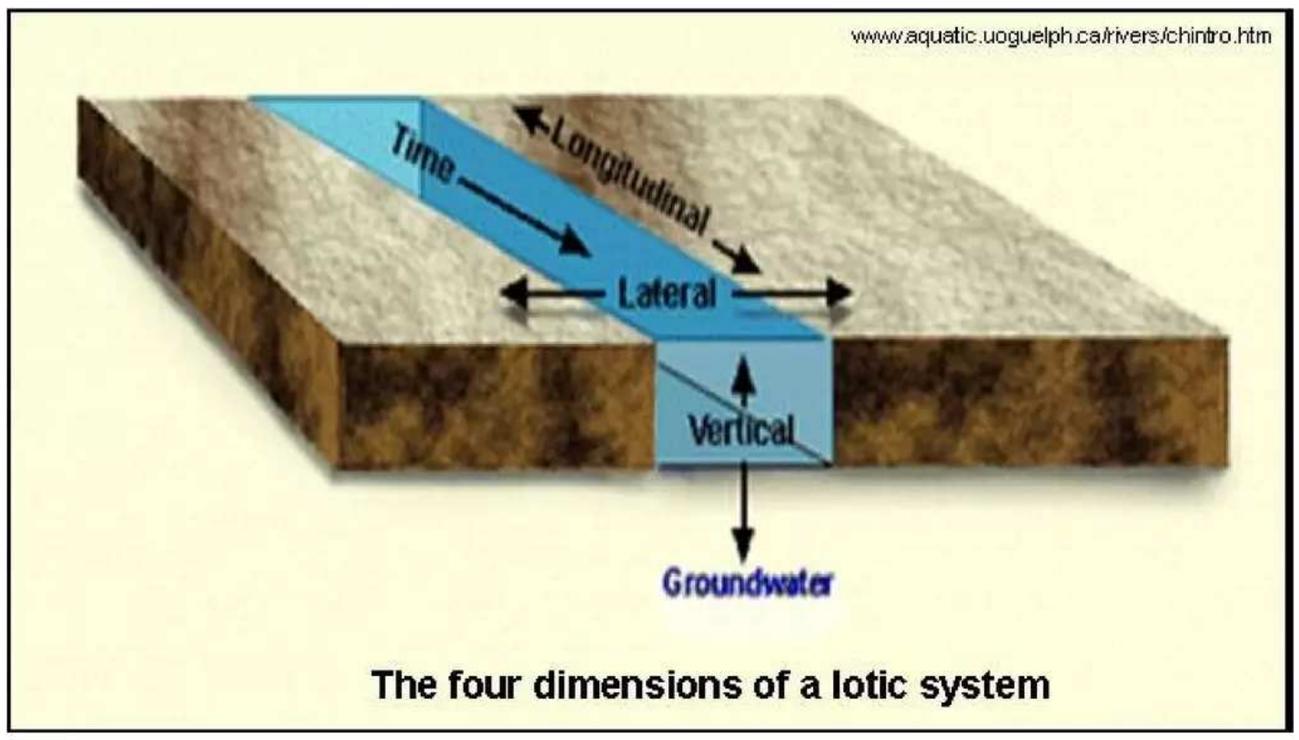
Os rios podem ser considerados sistemas abertos com uma estrutura tridimensional (longitudinal, lateral e vertical), caracterizados pelos processos hidrológicos e geomorfológicos altamente dinâmicos, frente às mudanças climáticas e temporais.

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 carreados 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 consequente 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 Scientiarium. 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.** 3ºed., 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. **Erosinal development of streams their drainage basins: Hidrophysical 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 ecologicalintegrity of running waters.** Hidrobiologia. 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.** 3ºed. 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. Geophysis. 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 Ecosytems. Ann Arbor Scien. Publ., Ann Arbor. Michigan, 347-356. 1983.

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

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

UNIDADE 3

VARIÁVEIS E PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA EM RIOS E RESERVATÓRIOS

Sumário

1. Variáveis Físico-Químicas....3
1.1 Oxigênio Dissolvido....4
1.2 Salinidade....5
1.3 Turbidez....7
1.4 Condutividade elétrica....8
1.5 Demanda Bioquímica do Oxigênio (DBO)....8
1.6 Demanda Química do Oxigênio....9
1.7 Temperatura....9
1.8 Potencial Hidrogeniônico (pH)....10
1.9 Sólidos (totais, dissolvidos e sólidos em suspensão)....10
1.10 Série Nitrogenada....11
1.11 Fósforo....12
1.12 Alcalinidade Total....13
1.13 Cloreto Total....14
1.14 Transparência da água....14
1.15 Carbono Orgânico Total....15
2. Variáveis Biológicas....16
2.1 Clorofila a....16
2.2 Coliformes Totais e Termotolerantes....17
2.3 Fitoplâncton, Perifiton, Zooplâncton e Macroinvertebrados Bentônicos....18
2.4 Ictiofauna....22
3. Poluentes Específicos....23
3.1 Cianotoxinas....23
3.2 Pesticidas, Herbicidas e demais Agrotóxicos....25
3.3 Metais Pesados....26
3.4 Óleos e Graxas....27
Referências....28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico mostra a variação da solubilidade do oxigênio de acordo com a variação da temperatura.

Figura 2 – Fontes e processos de perda do oxigênio dissolvido na água.

Figura 3 – Disco de Secchi

Figura 4 – Representantes do fitoplâncton.

Figura 5 – Representantes da comunidade zooplanctônica.

Figura 6– Representantes dos macroinvertebrados bentônicos.

Figura 7 – Floração De Cianobactéria.

1. VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS

O monitoramento limnológico estuda a qualidade da água de ecossistemas aquáticos continentais, incluindo rios e lagos. Os estudos de parâmetros físico-químicos da água são de grande importância para o conhecimento do ambiente e identificação dos padrões de variação das condições ambientais, tanto dentro dos rios e reservatórios como em seu entorno, e têm implicações nas características limnológicas como um todo.

Sabemos que a água é um recurso natural com características peculiares e que possui diferentes atribuições, como o consumo direto, matéria-prima e constituinte do ecossistema. Essas múltiplas funções dão à água um valor econômico, exigindo assim, normatização e fiscalização do seu uso e qualidade. A seguir estudaremos as principais variáveis físicas e químicas da água.

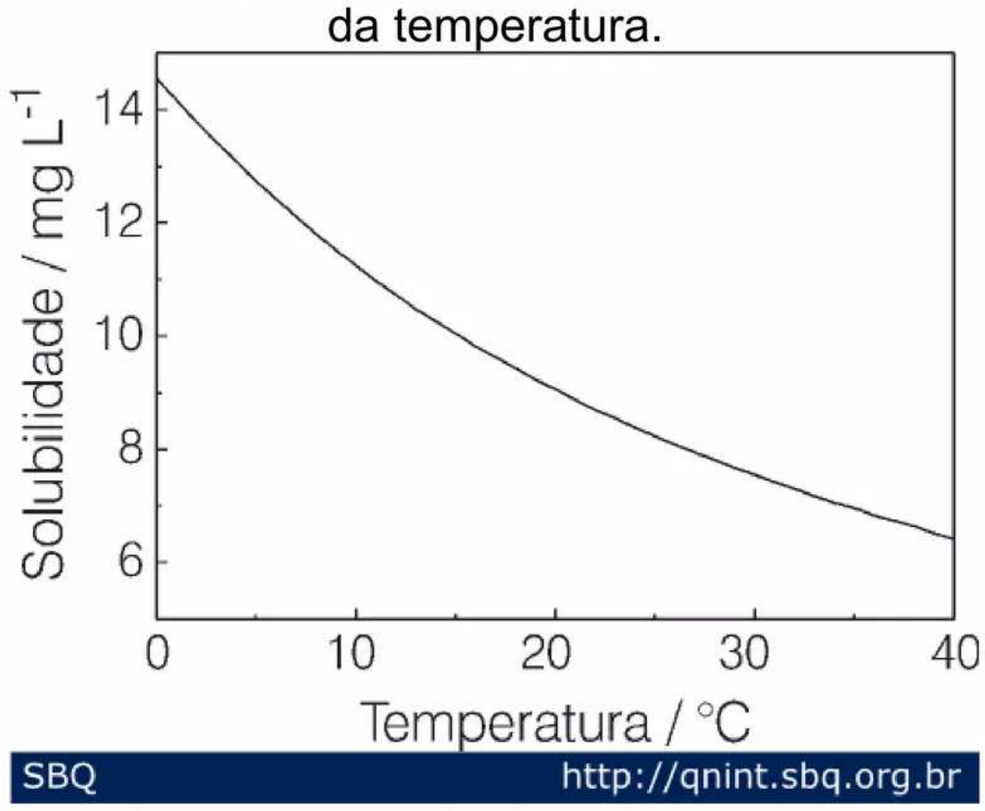
1.1 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio (O_2), dentre os gases dissolvidos na água, é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos. É um componente essencial para o metabolismo dos organismos aeróbios presentes nos corpos hídricos, sendo indispensável para o equilíbrio das comunidades aquáticas.

A solubilidade do oxigênio na água depende de dois fatores principais: a temperatura e a pressão. Exemplificando, quando ocorre elevação da temperatura e diminuição da pressão, ocorre consequentemente a redução e a solubilidade do oxigênio na água. Desta forma, para se obter a saturação do oxigênio (expressa em porcentagem) deve-se sempre relacionar os teores absolutos de oxigênio com a temperatura e a pressão atmosférica (Figura 1).

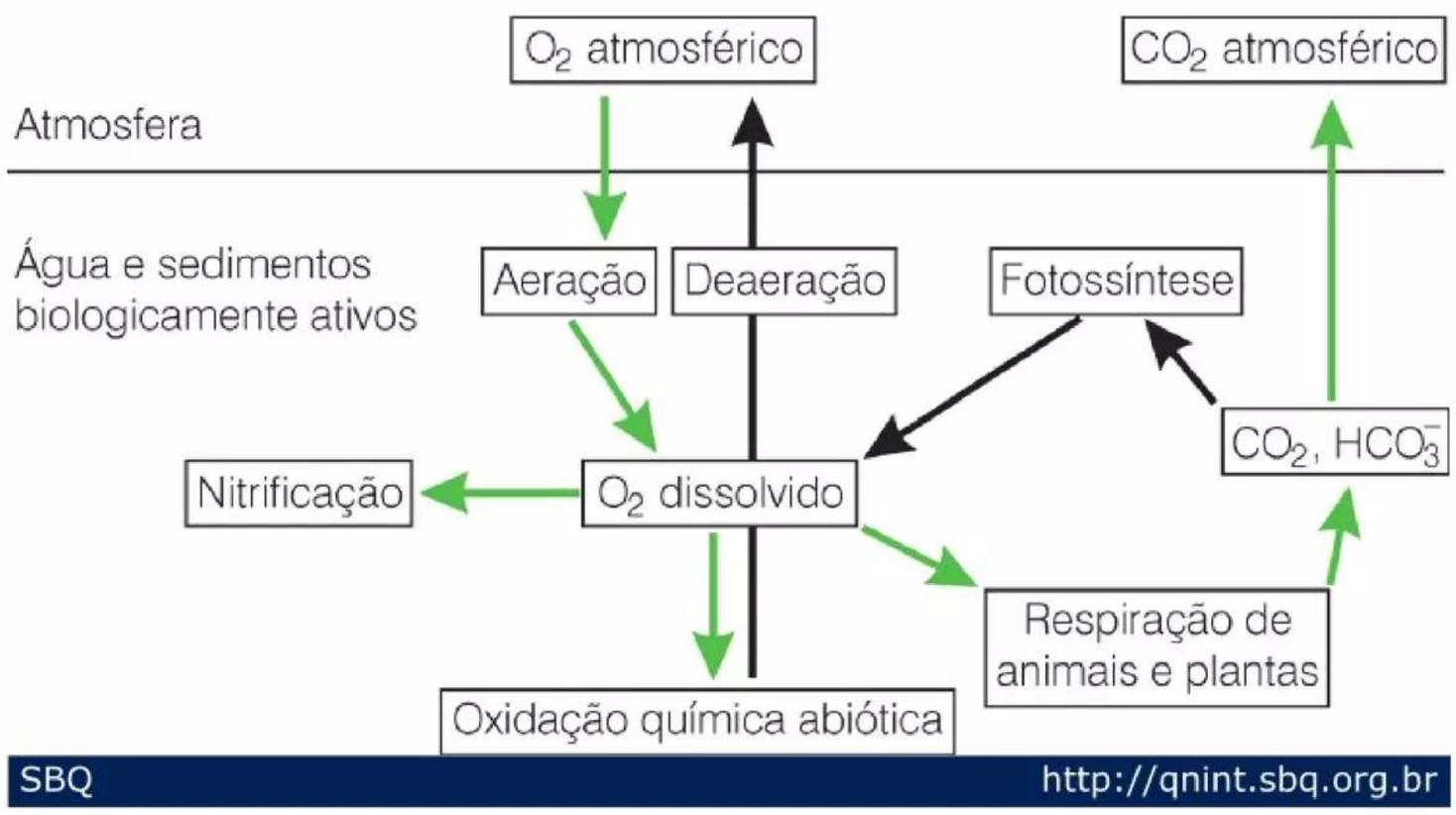
As principais fontes de oxigênio para o corpo hídrico são a atmosfera, através da interface atmosfera-água, e a fotossíntese, que é a produção e liberação do oxigênio pelos organismos fitoplanctônicos e plantas aquáticas. O oxigênio dissolvido pode sofrer perdas através de diversos processos como a elevação da temperatura da água, consumo pela decomposição da matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e a oxidação de íons metálicos (Figura 2).

Figura 1 – Gráfico mostra a variação da solubilidade do oxigênio de acordo com a variação da temperatura.



Fonte: http://qnint.sbq.org.br (acesso em 17/01/2013)

Figura 2 – Fontes e processos de perda do oxigênio dissolvido na água.



Fonte: http://qnint.sbq.org.br (acesso em 17/01/2013)

Para determinarmos a concentração de oxigênio dissolvido nos corpos hídricos - em mg/L por exemplo - são utilizados métodos de medição como o volumétrico ou o potenciométrico, e a escolha por um destes depende de fatores que interferem na medição deste parâmetro na água e também da precisão desejada pelo pesquisador. Também existem equipamentos que fazem a medição da concentração de oxigênio dissolvido diretamente na água.

1.2 Salinidade

A salinidade é a medida de quantidade de sais existentes nas massas de água. O conceito mais simples de salinidade é a razão entre a quantidade total de íons dissolvidos e a massa de água que lhe serve de solvente. Este parâmetro é de grande importância para a caracterização das massas de água, já que determina diversas propriedades físico-químicas, entre elas a densidade da água, o tipo de fauna e flora e os potenciais usos da água.

Os íons sódio, potássio, cálcio, magnésio, cloro, sulfato e bicarbonato são os maiores contribuintes para a salinidade da água, exercendo um importante papel nos movimentos e na mistura das massas de água, devido ao seu efeito na densidade. Estes sais dissolvidos também condicionam a fisiologia dos organismos. Os métodos de detecção da salinidade são o método salinômetro indutivo, eletrodos e refratômetros.

Sódio (Na^+)

As concentrações de sódio em corpos de água variam consideravelmente de acordo com as condições geológicas locais e das descargas de efluentes. Uma das suas principais funções é atuar na troca e no transporte de outros íons para os meios intra e extracelular.

Potássio (K^+)

O potássio é um elemento essencial tanto a nutrição da flora quanto a nutrição humana. Ocorre em águas subterrâneas, sendo resultado da dissolução

mineral de material vegetal em decomposição e do escoamento oriundo da agricultura. Assim como o sódio, sua principal função é atuar no equilíbrio de outros íons durante o metabolismo celular.

Cálcio (Ca^{+2})

Este íon encontra-se combinado em duas formas principais: o carbonato ($CaCO_3$) e o bicarbonato de cálcio ($Ca(HCO_3)_2$. A presença do cálcio nos corpos hídricos resulta do seu contato com depósitos de calcita, dolomita e gipsita, sua solubilidade é controlada pelo pH e gás carbônico (CO_2) dissolvido. É essencial para o crescimento de algas, macrófitas aquáticas e muitos animais, principalmente os moluscos. Interfere em um dos principais fatores físico-químicos do meio aquático, o potencial hidrogeniônico (pH).

Magnésio (MG^{+2})

O magnésio presente na massa de água é oriundo dos minerais magnetita e dolomita. Sua maior importância é a participação na formação da molécula de clorofila e, além disto, faz parte de diversos processos metabólicos celulares como, por exemplo, o metabolismo do nitrogênio.

Sulfato (SO_4^-)

O enxofre pode ser encontrado nos ecossistemas aquáticos em diversas formas, porém, dentre todas, a do íon sulfato e o gás sulfídrico são as mais frequentes, sendo o íon sulfato o de maior importância na produtividade do ecossistema por ser a principal fonte de enxofre para os produtores primários. Suas principais fontes são decomposição de rochas, chuvas e agricultura (pela aplicação de adubos contendo enxofre que posteriormente é carreado aos cursos de água).

Cloreto (Cl^-)

O cloreto é um dos principais sais inorgânicos presentes na água e sua concentração é maior em águas residuais do que em água bruta. Em águas

superficiais a principal fonte de cloreto são as descargas de esgotos sanitários; por isto, durante algum tempo, foi utilizado como indicador da contaminação, associando-se a elevação das concentrações de cloreto de um rio com o lançamento de esgotos sanitários.

1.3 Turbidez

A turbidez é uma característica física da água decorrente da presença de substâncias em suspensão na coluna d'água, ou seja, é uma expressão da propriedade óptica que faz com que a luz seja espalhada ou absorvida e não transmitida em linha reta através da amostra. É a medida de redução da transparência.

A turbidez na água é causada por materiais em suspensão, como por exemplo, argila, silte, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, compostos orgânicos solúveis coloridos, plâncton e outros organismos microscópicos. O tamanho das partículas em suspensão varia dependendo do grau de turbulência do ambiente. A presença destas partículas provoca a dispersão e absorção da luz, deixando a água com aparência turva. A transparência de um corpo d'água natural é um dos principais determinantes da sua condição e produtividade.

1.4 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica refere-se à capacidade de uma solução aquosa para conduzir uma corrente elétrica. Considerando-se que esta propriedade depende da concentração de íons, quanto maior a concentração iônica, maior será a capacidade da solução de conduzir a corrente elétrica e vice-versa.

A condutividade é medida por um equipamento chamado condutivímetro e é expressa em μScm^{-1} ou $mScm^{-1}$. Sua aplicação prática é a indicação do grau de mineralização da água e indicação rápida de variações nas concentrações de minerais dissolvidos.

1.5 Demanda Bioquímica do Oxigênio (DBO)

A demanda bioquímica do oxigênio é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica para uma forma inorgânica estável. É um parâmetro

utilizado para identificar a presença de matéria orgânica na água, é expresso em $mg.L^{-1}$.

A DBO é um bioensaio que indica o consumo de oxigênio por organismos vivos (principalmente micro-organismos) enquanto utilizam a matéria orgânica, em condições similares às encontradas na natureza. É considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo (padronizado em 5 dias) em uma temperatura de incubação específica (20°C).

Os maiores aumentos da DBO em corpos d'água frequentemente estão associados a despejos de origem principalmente orgânica. O aumento do teor de matéria orgânica num corpo hídrico pode levar ao completo esgotamento do oxigênio na água, causando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida.

1.6 Demanda Química do Oxigênio

A demanda química do oxigênio (DQO) é a quantidade de oxigênio consumido na oxidação química da matéria orgânica existente na água, medida através de testes específicos. Não apresenta necessariamente correlação com a DBO, porém assim como ela é expressa em $mg.L^{-1}$.

A DQO é uma medida indireta da matéria orgânica presente na amostra; para se obter a DQO é medida a oxidação da matéria orgânica através de fortes oxidantes como o dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) em meio ácido (H_2SO_4). Este teste mede a quantidade de dicromato (oxidante) consumido durante a degradação da matéria orgânica; assim quanto maior o consumo do oxidante, maiores são os níveis de matéria orgânica no ambiente. Os principais métodos para se medir a DQO são os de refluxo aberto, refluxo fechado tintimétrico e refluxo fechado colorimétrico.

A medida de DQO geralmente é utilizada como indicador do grau de poluição de um corpo de água por água residuária.

1.7 Temperatura

A temperatura da água é resultado da radiação solar incidente sobre a água. Exerce grande influência nas atividades biológicas e no crescimento dos organismos; também determina os tipos de organismos que habitam o local, uma vez que estes têm uma faixa preferida de temperatura para se desenvolverem. Se este limite for

ultrapassado, tanto para mais quanto para menos, os organismos são impactados e espécies mais sensíveis podem até mesmo ser extintas do local.

A temperatura influencia a química da água; como vimos anteriormente, corpos de água fria tem maior capacidade de reter o oxigênio dissolvido do que a água quente. A temperatura também é a principal responsável por uma das características físicas da água: a densidade. As diferenças de temperatura geram camadas d'água com diferentes densidades, formando uma barreira física que impede que se misturem, e quando a energia do vento não é suficiente para misturá-las, o calor não se distribui uniformemente na coluna d'água, criando assim a estratificação térmica.

1.8 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH é uma medida que determina se a água é ácida ou alcalina, variando de 0 a 14, a partir dos seus valores indica quando uma solução aquosa é acida (pH<7), neutra (pH=7) ou alcalina (pH>7). Trata-se de um dos parâmetros mais importantes e frequentemente utilizados na análise da água e deve ser acompanhado para melhorar os processos de tratamento e preservação das tubulações contra corrosões ou entupimentos.

A influência direta do pH nos ecossistemas aquáticos é exercida por seus efeitos sobre a fisiologia de diversas espécies. O pH influencia de maneira direta os processos bioquímicos, especialmente as trocas iônicas com o meio extracelular; desta forma, processos de absorção e excreção de substâncias orgânicas e iônicas são diretamente afetados. Determinadas condições de pH têm efeito indireto e podem contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos.

Durante o tratamento da água e de efluentes, praticamente todas as fases, como o processo de neutralização, precipitação, coagulação, desinfecção e controle de corrosão dependem dos valores de pH. Os corpos d'água encontrados na natureza em sua maioria possuem valores de pH na faixa de 4 a 9, sendo a maioria ligeiramente básico. O método de determinação do pH mais utilizado é o potenciométrico.

1.9 Sólidos (totais, dissolvidos e sólidos em suspensão)

Os sólidos correspondem a toda matéria que permanece na água como resíduo após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um período fixado, ou seja, sólidos totais são o resíduo que resta na cápsula após a evaporação em banho-maria de uma porção de amostra e sua posterior secagem em estufa a 103-105°C até alcançar um peso constante.

A medição dos sólidos totais é importante para definir as condições ambientais, baseado na premissa de que estes sólidos podem causar danos à vida aquática em geral, como por exemplo, a diminuição da incidência de luz, aumento da sedimentação no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos, ou também danificar os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia.

Os sólidos totais dissolvidos (STD) são a soma de todos os constituintes químicos dissolvidos na água. O STD é principalmente medido através da conversão da medida da condutividade elétrica; para isto o valor da condutividade elétrica é multiplicado por um fator de conversão que depende da composição química de STD e pode variar entre 0,54 e 0,96. O resultado é expresso em $mg.L^{-1}$ (EMBRAPA, 2011).

Já os sólidos em suspensão são a quantidade de sólidos determinada com a secagem do material retirado por filtração da amostra, através de um filtro de micromalha de 0,45 micrômetros, e é dado em mg/L.

A determinação dos níveis de concentração das diversas frações de sólidos é utilizada nos estudos de controle de poluição das águas naturais, caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais e no controle de sistemas de tratamento de esgotos, resultando em um quadro geral da distribuição das partículas com relação ao tamanho (sólidos dissolvidos e em suspensão) e com relação à natureza química (fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos).

1.10 Série Nitrogenada

De acordo com Esteves (1998), o nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos. Isto se deve principalmente ao fato

deste elemento participar da formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. A presença deste elemento em baixas concentrações pode se tornar um fator limitante para a produção primária em ecossistemas aquáticos.

As principais fontes naturais de nitrogênio são o material orgânico e inorgânico de origem alóctone e a fixação de nitrogênio molecular dentro do próprio ambiente. O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos sob várias formas, sendo as principais o nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3), íon amônio (NH_4^+) entre outros. Dentre todas estas formas o nitrato, juntamente com o íon amônio, assume grande importância nos ecossistemas aquáticos, por serem as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários.

O nitrato ocorre geralmente em quantidades muito pequenas no ambiente; o nitrogênio sob a forma de amônia é transformado em nitrito e posteriormente em nitrato pelo processo de nitrificação. A presença de nitrogênio na forma de nitrato em um corpo d'água é indicador da poluição relacionada ao final do processo de nitrificação e pode caracterizar a presença de efluentes de esgotos sanitários nos corpos hídricos.

O nitrogênio amoniacal corresponde ao nitrogênio proveniente de um composto derivado do amoníaco. A amônia é a mais reduzida forma de nitrogênio orgânico na água; embora seja um pequeno componente no ciclo total do nitrogênio, contribui para a fertilização da água tendo em vista que o nitrogênio é nutriente essencial para a flora aquática e para a comunidade fitoplanctônica.

Já o nitrogênio total representa a soma das concentrações de nitrato, nitrito, amônio e nitrogênio orgânico.

1.11 Fósforo

A importância do fósforo nos sistemas biológicos é notória, e deve-se à sua participação em processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos (armazenamento de energia e estruturação da membrana celular). Na maioria dos corpos d'água o fósforo pode ser fator limitador da produtividade e, portanto, é apontado como o principal fator responsável pela eutrofização artificial dos ambientes aquáticos. O fósforo encontra-se na água na forma de fosfato, assim utiliza-se essa denominação para as diferentes formas de fósforo.

O fosfato presente na água tem origem em fontes naturais (rochas das bacias de drenagem, material particulado presente na atmosfera e decomposição da matéria orgânica) e artificiais (esgotos domésticos e industriais e material particulado de origem industrial contido na atmosfera).

A dinâmica do fósforo está intimamente ligada aos sedimentos aquáticos, a retenção ou liberação a partir do sedimento estão altamente correlacionadas às condições de oxirredução na interface água-sedimento. O uso agrícola dos solos em pequenas bacias hidrográficas localizadas em regiões de encosta altera as condições ecológicas naturais. A quantidade e as características dos sedimentos carreados em suspensão pelo escoamento superficial são modificadas pela ação antrópica. Uma vez atingindo um ambiente aquático lêntico, os sedimentos podem atuar, tanto como dreno, quanto como fonte de fósforo para a água, diminuindo ou potencializando os processos de eutrofização.

O fósforo pode ser encontrado na forma orgânica (matéria orgânica dissolvida e particulada da biomassa) e inorgânica (fração solúvel representada pelos sais dissolvidos de fósforo e fração insolúvel formada por minerais). O fosfato se apresenta nos mananciais sob três formas: fosfato particulado, fosfato orgânico dissolvido e fosfato total. Todas as formas ou frações de fosfato são importantes, no entanto, o fosfato inorgânico dissolvido é o mais importante por ser a principal forma de fósforo assimilada pelos vegetais aquáticos.

Os dados obtidos de fósforo em conjunto com os de clorofila *a* e transparência da água são de grande importância para se determinar o estado trófico dos corpos de água.

1.12 Alcalinidade Total

A alcalinidade da água é a sua capacidade quantitativa de neutralizar um ácido forte, até um determinado pH, ou seja, é a quantidade de substâncias na água que atuam como solução tampão. A alcalinidade é devida, principalmente, à presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos.

Nos ambientes aquáticos, as medidas de pH e alcalinidade são de grande importância para o estudo da produtividade biológica, condicionando os demais

processos físico-químicos de uma massa d'água e afetando o metabolismo dos seres aquáticos. A alcalinidade é determinada através do método da volumetria e expressa em $mg.L^{-1}$ de $CaCO_3$. Estas medidas são utilizadas na interpretação e controle de processos de tratamento de águas de abastecimento e residuárias.

1.13 Cloreto Total

O cloreto é um dos ânions mais comuns em águas naturais, nos esgotos domésticos e em despejos. Em água potável, o sabor produzido pelo íon Cl varia em função da sua concentração como também da composição química da água. Não são prejudiciais à saúde do homem, porém conferem sabor salgado à água. Em altas concentrações podem trazer restrições ao sabor da água, além de interferir negativamente no equilíbrio hidroeletrolítico dos organismos aquáticos.

Dejetos humanos e de animais possuem teor elevado de cloreto, devido ao cloreto de sódio ser um ingrediente comum nas dietas e passar inalterado pelo sistema digestório. Nas estações de abastecimento de águas, a presença de concentrações anormais de cloreto é um indício desse tipo de poluição.

1.14 Transparência da água

A transparência da coluna d'água pode variar desde alguns centímetros até dezenas de metros. Essa região da coluna d'água é denominada zona eufótica e sua extensão depende, principalmente, da capacidade do meio em atenuar a radiação subaquática. O limite inferior da zona eufótica é geralmente assumido como sendo aquela profundidade onde a intensidade da radiação corresponde a 1% da que atinge a superfície. A extensão da zona eufótica pode ser calculada multiplicando-se o valor da profundidade do disco de Secchi (transparência da água) pelo fator de 2,7. No Brasil o fator 3,0 é o mais frequentemente utilizado por limnólogos.

A transparência do corpo d'água é um dos parâmetros físicos observados na análise de sua qualidade. Este parâmetro pode ser obtido através da leitura da profundidade do disco de Secchi, ou seja, a partir da observação do

desaparecimento de um disco, com quadrantes, branco e preto, mergulhado na água (Figura 3). O valor do disco de Secchi tem uma relação direta com a transparência da água e inversa à quantidade de compostos orgânicos e inorgânicos no percurso da luz e também ao coeficiente de atenuação da irradiância.

A transparência da água é uma característica física de fácil obtenção em campo. A utilização do disco de Secchi é às vezes criticada, porém sua simplicidade, custo reduzido, facilidade de transporte e principalmente o número de informações possíveis de serem extraídas a partir de sua leitura justificam sua utilização para análises de ambientes aquáticos. Assume importância também em pesquisas científicas, visto que por ser um parâmetro universal, permite comparações; além disso, juntamente com os índices de fósforo e a clorofila *a*, é um excelente indicador do estado trófico dos corpos hídricos.

Figura 3 – Disco de Secchi

Fonte: http://www.consulpesq.com.br/figuras/disco_secchi.html (acesso em 23/01/2013)

1.15 Carbono Orgânico Total

O carbono é um elemento químico que entra na constituição dos seres vivos e de todos os compostos orgânicos. Como sua oxidação consome o oxigênio dissolvido na água, a quantificação do carbono orgânico total é um bom indicador da qualidade

da água e está intimamente relacionado com a matéria orgânica existente nos meios hídricos. O ciclo biogeoquímico do carbono é um dos mais complexos e abrangentes, englobando todos os aspectos da limnologia, desde a produção primária, passando por cadeias alimentares até fenômenos de sucessão biológica. Para maior conhecimento sobre o ciclo biogeoquímico do carbono recomendamos a leitura de Esteves (1998).

Os diferentes tipos de carbono orgânico presentes nos ecossistemas aquáticos podem ser agrupados em: carbono orgânico dissolvido (COD), carbono orgânico não dissolvido (COND), carbono orgânico volátil (COV) e carbono orgânico não volátil (CONV). O carbono orgânico total é obtido pela oxidação do carbono, portanto, é uma medida direta da quantidade de compostos orgânicos em diferentes estágios de oxidação na água, sendo desta forma, um excelente indicador da qualidade da água.

2. VARIÁVEIS BIOLÓGICAS

2.1 Clorofila *a*

O termo clorofila se refere a um grupo de pigmentos produzidos nos cloroplastos das folhas e em outros tecidos vegetais e microbianos fotossintéticos. Estes pigmentos, responsáveis pela cor verde das plantas, funcionam como fotorreceptores da luz visível utilizada no processo de fotossíntese. As diferenças aparentes nas cores dos vegetais são devidas à presença de outros pigmentos associados, como carotenóides, os quais sempre acompanham as clorofilas.

As concentrações de clorofila *a* são utilizadas para expressar a biomassa fitoplanctônica. Desta forma o estudo do fitoplâncton e da biomassa fitoplanctônica associada aos parâmetros físicos e químicos, são capazes de detectar possíveis alterações na qualidade da água, bem como avaliar tendências sazonais, que se refletem em modificações do habitat ou no comportamento de organismos aquáticos. A concentração de clorofila *a* na água está diretamente associada à quantidade de algas presentes.

O crescimento dos primários resulta do carbono que é fixado pelos mesmos.

A quantidade de clorofila *a* é correspondente à resposta da biomassa (somatória da massa orgânica viva existente num determinado espaço e tempo). A concentração de clorofila *a* vem sendo utilizada há muitos anos como indicação direta do estado trófico do sistema aquático sendo, inclusive, juntamente com os parâmetros fósforo e transparência da água, variáveis utilizadas para determinação do índice de estado trófico (IET).

2.2 Coliformes Totais e Termotolerantes

Os ambientes aquáticos são habitados por diversos tipos de bactérias heterotróficas que são importantíssimas, pois oxidam de matérias orgânicas e consomem toda a carga poluidora que é lançada nestes corpos de água (processo de decomposição), sendo assim , as principais responsáveis pela autodepuração. Porém, quando corpos hídricos recebem esgotos, passam a conter outros tipos de bactérias relacionadas ao efluente considerado, e que podem ou não causar doenças aos seres humanos. Um dos principais grupos bacterianos de interesse é o dos coliformes (BRASIL, 2006).

As bactérias denominadas coliformes totais não são causadoras de doenças; a razão da escolha desse grupo de bactérias como indicador de contaminação da água deve-se aos seguintes aspectos: estão presentes nas fezes de animais de sangue quente (inclusive seres humanos), sua presença possui relação direta com o grau de contaminação fecal, são facilmente detectáveis e quantificáveis por técnicas simples e economicamente viáveis em qualquer tipo de água, possuem maior tempo de vida na água que as bactérias patogênicas intestinais, além de serem incapazes de se reproduzir no ambiente aquático, sendo mais resistentes à ação de agentes desinfetantes do que germes patogênicos.

Os coliformes fecais também são conhecidos como coliformes termotolerantes, pois toleram temperaturas acima de 40ºC e reproduzem-se nesta temperatura em menos de 24 horas. Pelo estudo da concentração dos coliformes nas águas pode-se estabelecer um parâmetro indicador da possível existência de micro-organismos patogênicos que são responsáveis por doenças de veiculação hídrica, tais como a febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar e cólera.

2.3 Fitoplâncton, Perifiton, Zooplâncton e Macroinvertebrados Bentônicos

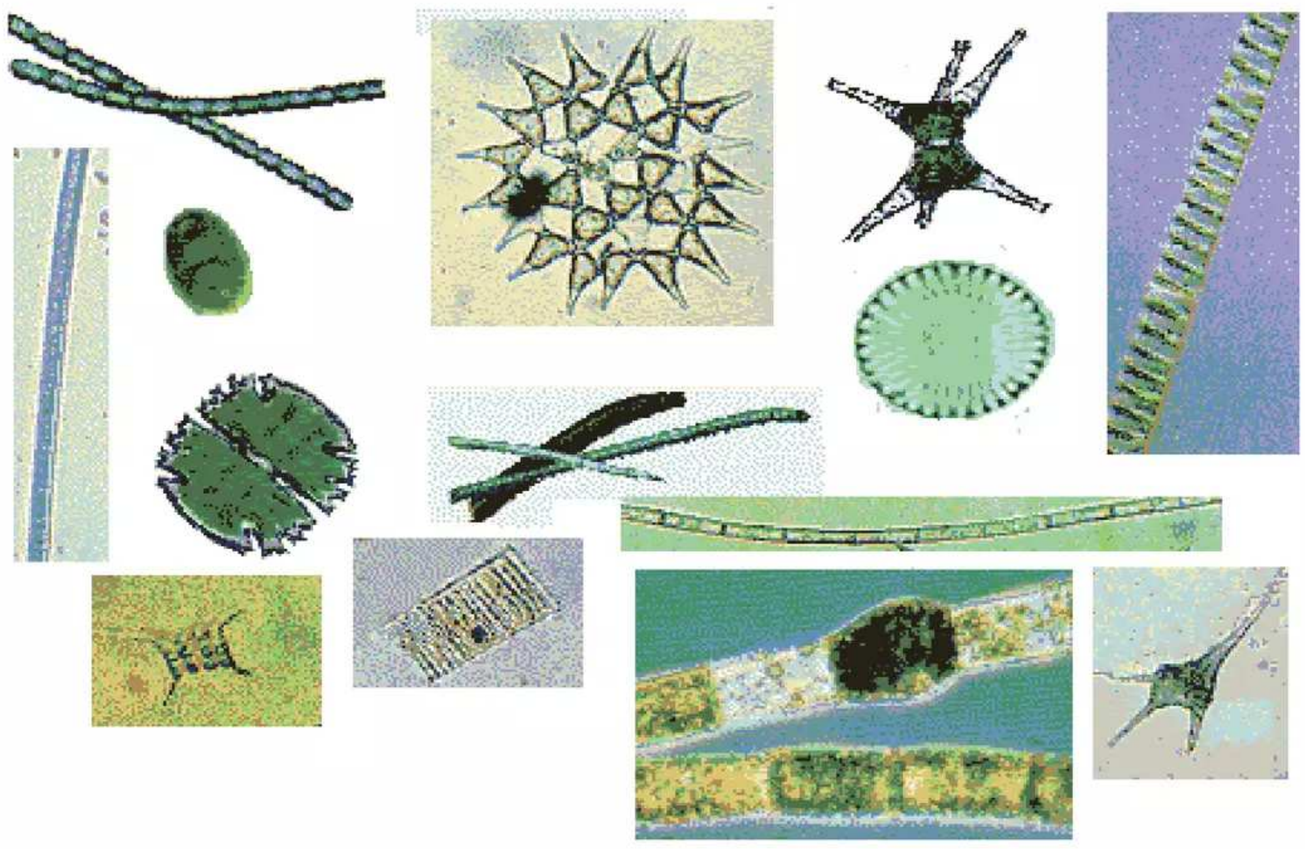
Fitoplâncton

É o conjunto de organismos aquáticos microscópicos que possuem capacidade fotossintética e que vivem dispersos flutuando na coluna d'água (Figura 20). Estes organismos sintetizam matéria orgânica utilizando a energia solar e os nutrientes essenciais (fósforo, nitrogênio, sílica entre outros) requeridos para o seu metabolismo e desenvolvimento, juntamente com o dióxido de carbono e água.

Devido à necessidade de permanecerem na zona fótica, apresentam grande diversidade de formas que contribuem para sua flutuabilidade, uma vez que estes organismos são em sua grande maioria mais densos do que a água. Possuem importante papel como produtores primários nos ecossistemas aquáticos, uma vez que constituem o início da teia trófica, deles dependendo diretamente os organismos dos demais níveis. Além disso, calcula-se que cerca de 90% do oxigênio atmosférico seja produzido por estas microalgas, importantes bioindicadores da qualidade da água e de seu estado trófico (SOURNIA, 1969).

O fitoplâncton está constituído de diversos grupos de microalgas, podendo-se distinguir seis grupos principais: Bacyllariophyta, Cholorophyta, Cyanophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta e Chrysophyta. O grupo Cyanophyta assume grande importância sanitária e de saúde pública; as algas também chamadas cianofíceas ou cianobactérias, são tratadas pela resolução 357/05 do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) e pela portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, por serem capazes de produzir toxinas, inclusive letais, que afetam outros organismos aquáticos de todos os níveis tróficos e, uma vez que são termotolerantes e permanecem na água após processos convencionais de tratamento para abastecimento, constituem importante risco à saúde humana.

Figura 4 – Representantes do fitoplâncton.



Fonte: http://www.ufrrj.br (acesso em 23/01/2013)

Perifíton

Podemos definir este grupo de organismos como uma comunidade complexa de algas, bactérias, fungos, protozoários e animais, além de detritos, aderidos a substratos submersos orgânicos ou inorgânicos vivos ou mortos. O estudo destas comunidades pode fornecer importantes informações sobre a produtividade de um ecossistema aquático para a aquicultura ou sobre eventuais poluentes que afetam uma massa de água costeira ou lacustre (WATANABE, 1990).

A comunidade perifítica apresenta uma clara heterogeneidade espacial e temporal, apresentando variações em sua composição, biomassa e produtividade. O entendimento dessa heterogeneidade no perifíton é importante porque seus componentes são a base da cadeia alimentar em muitos sistemas lóticos; atuam como redutores e transformadores de nutrientes, além de promoverem habitat para uma diversidade de organismos. Ainda, além da alta diversidade, os organismos perifíticos possuem tempo de regeneração curto e ciclo de vida relativamente simples, o que permite usá-los com bastante eficácia para desenvolver e testar modelos ecológicos.

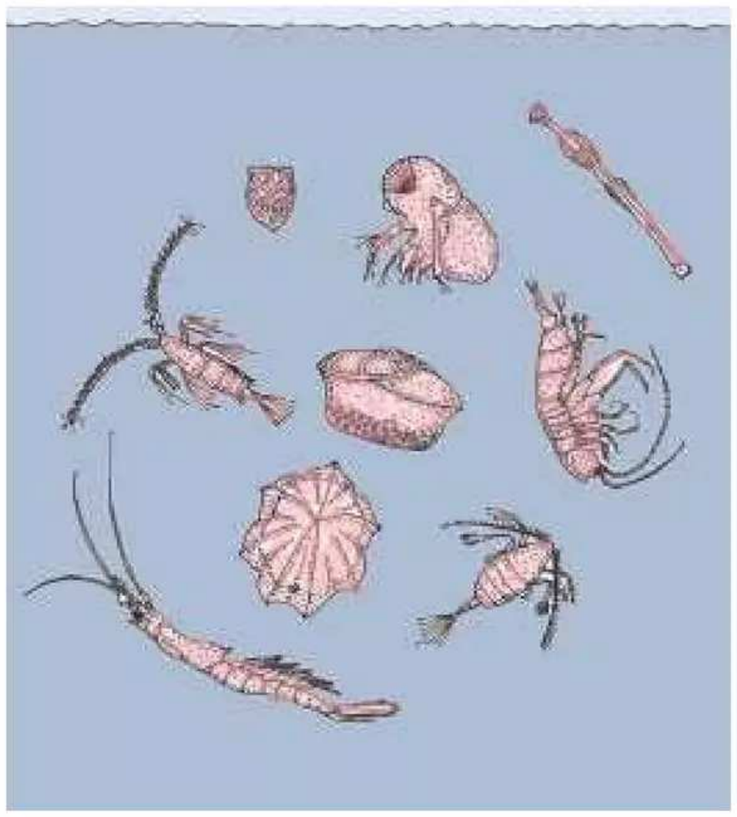
Zooplâncton

Zooplâncton (Figura 5) é um termo genérico para um grupo de animais de

diferentes categorias sistemáticas, tendo como característica comum a incapacidade de grandes deslocamentos autônomos e a coluna d'água como seu habitat principal. É formado por protistas não fotossintéticos planctônicos e animais, variando desde formas unicelulares até pequenos vertebrados como larvas de peixes, geralmente de tamanho microscópico. Embora possuam movimentos natatórios, as correntes de água, a turbulência e a grandeza da densidade determinam seus deslocamentos; assim a capacidade de locomoção do zooplâncton se reduz a migrações verticais.

A maior parte dos organismos que compõem o zooplâncton alimenta-se de microalgas, embora sejam observados, além dos organismos herbívoros, também carnívoros, onívoros e detritívoros. Por outro lado, são alimento de muitas espécies de peixes e outros animais. O zooplâncton é essencial para a manutenção do ecossistema aquático, pois está na base da cadeia alimentar, transferindo energia na forma de fitoplâncton-bacterioplâncton ou na de detrito orgânico particulado para os demais elos da teia trófica. Tem grande importância também como indicador biológico, à medida em que é bastante sensível à poluição presente na água.

Figura 5 – Representantes da comunidade zooplanctônica.



Fonte: http://www.regmurcia.com (acesso em 23/01/2013)

Macroinvertebrados Bentônicos

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos de água doce é composta

por organismos com tamanho superior a 0,5 mm, portanto, visíveis a olho nu (Figura 6). Os organismos bentônicos possuem grande diversidade de espécies, dentre os quais destacamos os insetos aquáticos, que tem parte da sua vida neste ambiente; apresentam diversas formas e modos de vida, podendo habitar fundos de corredeiras, riachos, rios, lagos e represas. Em geral se situam numa posição intermediária na cadeia alimentar, tendo como principal alimentação algas e micro-organismos, sendo os peixes e outros vertebrados seus principais predadores (METCALFE, 1989).

Os macroinvertebrados bentônicos desempenham importante papel na dinâmica de nutrientes. Ocupam extensamente a zona litorânea de ambientes lênticos e promovem o biorrevolvimento da superfície do sedimento e a fragmentação do *litter* (folhedo, resíduos vegetais) proveniente da vegetação ripária, liberando nutrientes para a água.

O biomonitoramento de corpos hídricos através do uso de macroinvertebrados bentônicos é cada vez mais usado e aceito como uma importante ferramenta na avaliação da qualidade da água. Algumas das vantagens que destacam os invertebrados bentônicos como os mais utilizados nas avaliações de efeitos de impactos antrópicos sobre os ecossistemas aquáticos são o fato de constituírem um grupo bastante diverso e cosmopolita, sendo sensíveis a vários tipos de poluentes e distúrbios físicos; sua coleta é de baixo custo e requer aparelhagem relativamente simples e barata; por estarem associados ao sedimento e serem relativamente sésseis, permitem registrar um tempo maior de impactos do que a avaliação de parâmetros físicos, químicos e físico-químicos, servindo como testemunhas tanto de impactos recentes como de médio prazo, permitindo associar sua presença ou ausência às alterações das condições de seu hábitat. Finalmente, a presença de espécies com ciclo de vida longo em relação a outros organismos possibilita uma melhor integração temporal de efeitos de ações antrópicas sobre a comunidade.

Figura 6– Representantes dos macroinvertebrados bentônicos.

Fonte: http://ambientes.ambientebrasil.com.br (acesso em 23/01/2013)

2.4 Ictiofauna

Podemos denominar ictiofauna como sendo o conjunto de espécies de peixes que existem numa determinada área de estudo, e apresenta as seguintes propriedades: riqueza (número de espécies), diversidade (composição relativa de abundância de espécies), atributos morfológicos e fisiológicos e estrutura trófica.

O monitoramento, com suficiente abrangência espacial e temporal, fornece importantes informações sobre a estrutura das comunidades de peixes. O conhecimento dos processos ecológicos que influenciam as relações das espécies com o ambiente são fatores importantes para uma abordagem mais eficiente e para o melhor entendimento da composição e estruturação das assembléias de peixes.

Peixes ocupam diferentes estratos na coluna d'água; são considerados pelágicos, quando circulam em águas abertas, e demersais, quando vivem próximos ao fundo. Formas jovens de algumas espécies (ovos e larvas) ocupam ainda o estrato planctônico, enquanto outras podem apresentar ovos adesivos, construção de ninhos e cuidado parental.

Comunidades aquáticas tropicais íntegras apresentam frequentemente elevada diversidade íctica com espécies ocupando diferentes níveis tróficos; podem ser planctívoros, herbívoros, onívoros, carnívoros (muitas vezes piscívoros) ou iliófagos (quando alimentam-se de substrato - lodo). É nesta comunidade que se encontram os organismos considerados "topo de cadeia", cuja ocorrência e estrutura populacional refletem o status de equilíbrio geral do ecossistema. Esta mesma propriedade leva à exploração de espécies de peixes como eficientes bioindicadores de distúrbios antrópicos, inclusive fatores específicos, como poluição por compostos sujeitos à biomagnificação.

Seus ciclos de vida também estão intimamente relacionados aos ciclos sazonais, especialmente o hidrológico; o recrutamento de muitas espécies depende estritamente de pulsos de inundação e das alterações físico-químicas da água, carreamento de nutrientes e isolamento de lagoas dependentes destes fenômenos (TUNDISI, TUNDISI, 2008).

Alterações decorrentes do barramento de rios e constituição dos reservatórios invariavelmente acarretam mudanças da estrutura da assembléia íctica, em resposta às mudanças da diversidade e heterogeneidade de habitats, disposição de áreas para desova, disponibilidade de recursos alimentares e demais alterações limnológicas. Este é um dos aspectos da construção de reservatórios mais perceptíveis para a sociedade, de acordo com a importância econômica e social assumida pela pesca em cada circunstância individual (AGOSTINHO, JÚLIO Jr., BORGHETTI, 1992).

3. POLUENTES ESPECÍFICOS

3.1 Cianotoxinas

Temos por definição que as cianotoxinas são toxinas produzidas por algumas espécies de cianobactérias e podem ser classificadas como:

- *Hepatotoxinas* (microcistina e nodularina): são capazes de provocar mal estar, vômitos e cefaléia. Comprometem a circulação de sangue no fígado, resultando em hemorragias, o que pode levar a uma hepatoenterite,

gastroenterite e eventualmente câncer.

- *Neurotoxinas* (anatoxina-a, anatoxina-as, homoanatoxina-a e saxitoxina): diferentes tipos de neurotoxinas são produzidas e afetam a neurotransmissão inibindo a ação da acetilcolinesterase o que, consequentemente, impede a degradação da acetilcolina ligada aos receptores neurais.

- *Citotoxinas* (cilindrospermopsina): este tipo de toxina é inibidora da síntese protéica, afetando principalmente os rins e o fígado, em casos de intoxicação grave pode levar a necrose celular generalizada.

- *Dermatotoxinas* (lingbiatoxina): esta toxina afeta principalmente a pele e pode causar irritações cutâneas.

As altas concentrações de cianobactérias são causadas pela floração destes organismos (Figura 7) devido a condições ambientais propícias ao seu crescimento. Em altas concentrações as cianotoxinas afetam, primeiramente, as comunidades aquáticas, provocando mortandade de peixes e outros animais.

Os métodos de análise para detecção, identificação e quantificação variam muito de acordo com o tipo de informações que proporcionam. Para análises de campo, testes rápidos e de baixo custo são os mais indicados para avaliar o grau de risco de uma floração e direcionar as medidas corretas a serem tomadas. Para uma análise mais detalhada, convém utilizar-se de técnicas analíticas e técnicas moleculares com maior poder de descrição qualitativa e quantitativa das cianotoxinas (CARNEIRO; LEITE, 2008).

De acordo com FUNASA (2003) a presença de algas e cianobactérias na água bruta aduzida às estações de tratamento pode causar problemas operacionais em várias etapas de tratamento, tais como: dificuldade de coagulação e floculação, baixa eficiência do processo de sedimentação, colmatação dos filtros e aumento da necessidade de produtos para a desinfecção. Como consequência desses problemas operacionais, verifica-se, geralmente, a redução na eficiência dos processos de tratamento e o surgimento de problemas na água tratada associados à

presença de cianobactérias e seus subprodutos extracelulares (como consequência podem dar sabor e odor a água e a presença de toxinas).

Figura 7 – Floração de cianobactéria.

Fonte: ASCOM/UFJF (2013)

3.2 Pesticidas, Herbicidas e demais Agrotóxicos

Os pesticidas estão presentes nas águas subterrâneas ou de superfície em concentrações na ordem de microgramas. A presença destes compostos na água é resultado da intensa atividade agrícola. Os pesticidas mais comuns encontrados na água são o atrazina, DDT, lindano e carbofurano. Em sua maioria são hidrofóbicos e facilmente removidos por adsorção de carbono ativado. Apesar da legislação brasileira proibir o uso de alguns pesticidas, como por exemplo o DDT, sua utilização ainda é feita em algumas lavouras.

Dentre os pesticidas empregados na agricultura destacam-se os herbicidas, que correspondem à maior parte comercializada mundialmente. Os herbicidas são agentes biológicos ou substâncias químicas que agem matando ou suprimindo o desenvolvimento de espécies daninhas que comprometem a produtividade de culturas de interesse comercial. O problema é que muitas destas substâncias têm grande probabilidade de contaminar os recursos hídricos, graças a características

como alto potencial de deslocamento no perfil do solo (lixiviação), elevada persistência no solo, baixa a moderada solubilidade em água e adsorção moderada à matéria orgânica presente no solo.

A contaminação da água por estas substâncias hoje é a segunda causa de contaminação dos recursos hídricos, perdendo somente para a contaminação por esgotos domésticos. Resulta da aplicação direta, de partículas trazidas pelas enxurradas ou pela deriva dos produtos aplicados por meio de despejos industriais. As águas superficiais contêm a maior fração de agrotóxicos, distribuídos em diversos espaços geográficos onde a preservação do ambiente aquático depende de práticas adequadas. Para a preservação das águas é necessário implementar práticas agrícolas mais adequadas ao uso de agrotóxicos. O segundo desafio é tornar estas práticas obrigatórias e garantir a difusão destas informações para a sua efetiva realização.

3.3 Metais Pesados

Sabemos que uma das principais causas de poluição dos recursos hídricos é a atividade humana. No caso dos metais pesados tal fato é ainda mais evidente, pois a contaminação dos ecossistemas aquáticos naturais é proveniente de atividades como a mineração, industriais e despejo de efluentes domésticos.

As principais fontes de contaminação das águas de rios são as indústrias de tintas, de cloro, de plástico PVC e as metalúrgicas, que utilizam em seus processos metais pesados como o mercúrio, entre outros. Esses metais, muitas vezes, são descartados nos cursos de água após sua utilização nas linhas de produção. Porém não só as indústrias produzem este tipo de poluição, os incineradores urbanos de lixo produzem fumaça rica em metais como mercúrio, cádmio e chumbo, lançando metal pesado a longas distâncias.

Para os humanos, os metais são úteis apenas em pequenas quantidades, como o ferro, zinco, magnésio, cobalto. Enquanto o ferro constitui a hemoglobina, alguns destes metais são cofatores enzimáticos importantes. Entretanto, se essas quantidades forem ultrapassadas, os mesmos metais podem se tornar tóxicos.

A resolução 357/05 do CONAMA apresenta os limites máximos para as

diferentes classes de rio e para os diferentes tipos de metais pesados. Um dos riscos que as concentrações acima dos limites máximos permitidos trazem é a bioacumulação nos organismos, isto ocorre independentemente do seu nível trófico. A exposição de um ser vivo aquático a uma água contaminada por metais pesados pode provocar absorção pelo organismo, entrando assim em seus tecidos, e posteriormente, ao servir de alimento a seres de um nível trófico superior, contaminará esse outro organismo, fazendo com que o contaminante suba na cadeia alimentar.

3.4 Óleos e Graxas

Os óleos e graxas são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. São geralmente hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros. Raramente encontramos estes compostos em águas naturais, sendo normalmente provenientes de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de gasolina, estradas e vias públicas.

Os despejos industriais são os que mais contribuem para o aumento de matérias graxas nos corpos d'água. Dentre estes, pode-se citar os de refinarias, frigoríficos, saboarias, etc. A baixa solubilidade dos óleos e graxas constitui um fator negativo no que se refere à sua degradação em unidades de tratamento de despejos por processos biológicos e, quando presentes em mananciais utilizados para abastecimento público, causam problemas em seu tratamento. Além disso, diminuem a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, impedindo, dessa maneira, a transferência do oxigênio da atmosfera para a água. Os óleos e graxas, em seu processo de decomposição, elevam a DBO e a DQO, causando alteração no ecossistema aquático.

RESUMO UNIDADE 3

Nesta unidade aprendemos a identificar as diversas variáveis limnológicas que servem como parâmetros de avaliação da qualidade da água e que algumas dessas

variáveis são utilizadas em conjunto e são de grande valia para a determinação do estado trófico dos corpos hídricos.

Aprendemos que a água contém diversos componentes, os quais são originados no ambiente natural (autóctones) ou foram introduzidos a partir do ambiente de entorno ou atividades antrópicas (alóctones), que interferem na qualidade da água.

Durante o estudo desta unidade nos tornamos capazes de identificar e caracterizar um corpo hídrico de acordo com os diversos parâmetros, os quais representam as suas características físicas, químicas e biológicas. Estudamos que estes parâmetros são utilizados como indicadores da qualidade da água e que quando estão acima dos limites estabelecidos para determinado tipo de uso da água, são considerados como “impurezas”, ou seja, indicam poluição do ambiente.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO JR., H. F.; BORGHETTI, J. R. ***Considerações sobre os impactos dos represamentos na ictiofauna e medidas para sua atenuação*.** Um estudo de caso: Reservatório de Itaipu. Rev. Unimar. v.14 (supl.) p. 89-107. 1992.

ALMEIDA, S. D. B.; COSTA, E.; GOMES, M. A. F.; LUCHINI, L.; SPADOTO, C.; MATALLO, M. B. **Sorção de Triazinas em Solos Tropicais. I. Pré-seleção para recomendação de uso na região de Ubatuba, São Paulo, Brasil.** In: *IV Congreso Iberoamericano de Física Y Química Ambiental, 2006, Cáceres*. MEDIOAMBIENTE EN IBEROAMERICA - Visión desde la Física y la Química en los albores del siglo XXI, v. 2. p. 17-24. 2006.

BRANDIMARTE, A. L.; SHIMIZU, G. Y.; ANAYA, M.; KUHLMANN, M. L. **Amostragem de invertebrados bentônicos.** In: BICUDO, C. E. M.; BICUDO, D. C. (Ed.). *Amostragem em limnologia*. Rio de Janeiro, p.213-230. 2004.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. ***Manual prático de análise de água*.** 2º Ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 146p.

CAMPEAU, S.; MURKIN, H. R.; TITMAN, R. D. ***Relative importance of algae and emergent plant litter to freshwater marsh invertebrates*.** Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, v. 51, p. 681-692, 1994.

CARNEIRO, T. G.; LEITE, F. ***Cianobactérias e suas toxinas***. Revista Analytica, n. 32. 2008.

CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E.; EATON, A. D. ***Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20th ed. Washington DC: American Public Health Association; American Water Works Association, Water Enviroment Federation.**, 1998. 1325p.

DEVAI, G.; ***Ecologycal backgroud and importance of the change of chironomid fauna in shallow Lake Balaton*.** Hidrobiologia v.321, p.17-28. 1990.

DUDLEY, T. L.; COOPER, S. D. ***Effects of macroalgae on a stream invertebrate community*.** Journal of the North American Benthological Society, v. 5, p. 93-106, 1986.

ESTEVES, F. A. ***Fundamentos de Limnologia***. Rio de Janeiro: FINEP/Interciência. 1988. 575 p.

FUNASA. ***Cianobactérias tóxicas na água para consumo humano na saúde pública e processos de remoção em água para consumo humano*.** Brasília: Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde. 2003.

LAMBERTI, G. A. **The role of periphyton in benthic food webs.** In: STEVENSON, R. J.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. (Ed.). A*lgal ecology; freshwater benthic ecosystems*. San Diego: Academic Press. p. 533-564. 1996.

LOCK, M. A.; WALLACE, R. R.; COSTERTON, J. W.; VENTULLO, R. M.; CHARLTON, E. ***River epilithon*: toward a tructural-funcional model.** Oikos, v. 42, p. 10-22, 1984.

MARQUES, M. G. S. M., FERREIRA, R. L E BARBOSA, F. A. R. ***A comunidade de Meio Ambiente*.** Documentos n. 36, Embrapa, 2004, 68 p.

METCALFE, J. L. ***Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities*: history and present status in Europe**. Environmental Pollution, v. 60, p. 101-39, 1989.

PASCHOAL, A. D. Pragas. ***Praguicidas e a Crise Ambiental*: Problemas e soluções.** FGV, Rio de Janeiro, 1979. 102 p.

PEREIRA FILHO, W. ***Influência dos diferentes tipos de uso da terra em bacias hidrográficas sobre sistemas aquáticos da margem esquerda do Reservatório de Tucuruí* – Pará.** São Paulo, 2000. 130 p. Tese (Doutorado em Geografia) – USP. 2000.

PÉREZ, G. R. ***Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos Del***

***Departamento de Antioquia*.** Universidad de Antioquia, 1996. 217p.

ROMAN, E. E.; BECKIE, H.; VARGAS, L.; HALL, L.; RIZZARDI, M.A.; WOLF, T. M. ***Como funcionam os herbicidas da biologia à aplicação*.** Passo. Fundo: Gráfica Editora Berthier, 2007. 160 p.

SILVEIRA, M. P.; QUEIROZ, J. F. DE; BOEIRA, R. C. **Protocolo de coleta e preparação de amostras de macroinvertebrados bentônicos em riachos. Comunicado técnico n. 19**, Embrapa, 2004, 7 p.

SOURNIA, A. ***Cycle annuel du phytoplankton e de la production primaire dans lers mers tropicales*.** Marine Biology. v. 3, n.4, p.287-303. 1969.

STEVENSON, R. J. ***Scale-dependent causal frameworks and the consequences of benthic algal heterogeneity*.** Journal of the North American Benthological Society, v. 16, p. 248-262, 1997.

SWEENEY, B. W.; JACKSON, J. K.; NEWBOLD, J. D.; FUNK, D. H. **Climate change and the life histories and biogeography of aquatic insects in eastern North America.** In: FIRTH H. P.; FISHER R. S. G. *Global climate change and freshwater ecosystems*. New York: Springer-Verlag, p. 143-176. 1992.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. ***Limnologia*.** Editora Oficina de Textos. São Paulo, SP. 2008. 631 p

UETA, J.; SHUNAMA, I. K.; CERDEIRA, A. L. ***Biodegradação de herbicidas e biorremediação*: microrganismos degradadores de atrazina provenientes de solos da Região do Aquífero Guarani.** Revista Plantio Direto. v. 24, p. 25-30. 2001.

WATANABE, T. **Perifíton. *comparação de metodologias para caracterizar o nível de poluição das águas*.** Acta Limnologica Brasiliensis, v. 3, p. 593-615, 1990.

WETZEL, R. G. **Benthic algae and nutrient cycling in lentic freshwater ecosystems.**In: STEVENSON, R. J.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. (Ed.). *Algal ecology; freshwater benthic ecosystems*. San Diego: Academic Press, p.641-667. 1996.

UNIDADE 4

REDES DE MONITORAMENTO

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

Figura1 - Exemplo hipotético de variação nictemeral de pH, ao longo de 24 horas.

Figura 2 - Exemplo hipotético da variação da temperatura da água em duas estações do ano (verão e inverno) em 09 estações de monitoramento.

Figura 3 - Exemplo hipotético da variação espacial da concentração de clorofila a,

em um braço do Reservatório de Itaipu.

Figura 4 - Planejamento para a seleção de locais e posições de monitoramento.

Figura 5 - Redes de monitoramento da qualidade da água nas Unidades de Federação.

1. DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS PARA IMPLANTAÇÃO DE REDE

Tendo em vista a necessidade de estabelecer um equilíbrio sustentável entre o necessário desenvolvimento econômico e demográfico e a disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade que contemplem os diversos usos da água, é fundamental o estabelecimento de um programa de monitoramento hídrico

quali-quantitativo que forneça subsídios para o diagnóstico e avaliação das condições dos ecossistemas aquáticos e para a tomada de decisões associadas ao gerenciamento dos recursos hídricos. Segundo a Agência Nacional de Águas, as redes de monitoramento têm como objetivo desenvolver ações que permitam o aprimoramento e a ampliação do monitoramento da qualidade das águas, permitindo que suas informações estejam disponíveis para toda a população.

O monitoramento pode ser definido como um conjunto de informações físicas, químicas e biológicas do ecossistema em estudo para atender a um ou mais objetivos. Pode ser também considerado um sistema contínuo de observações, medições e avaliações com múltipla finalidade. Dentre os seus principais objetivos, estão: 1) Detectar a violação de padrões de qualidade, previstos na legislação; 2) Analisar a tendência de uma variável; 3) Avaliar a eficácia de programas e ações conservacionistas em áreas isoladas ou realizadas nas bacias hidrográficas; 4) Documentar os impactos resultantes de uma ação proposta; 5) Alertar para impactos adversos não previstos, ou mudanças nas tendências previamente observadas; 6) Oferecer informações imediatas, quando um indicador de impactos se aproximar de valores críticos; 7) Oferecer informações que permitam avaliar medidas corretivas para modificar ou ajustar as técnicas utilizadas.

Deve ser notado que os objetivos de gerenciamento da rede estão relacionados com o funcionamento do sistema ambiental que se está avaliando, pois a rede deve subsidiar as decisões que serão tomadas com relação à gestão dos recursos hídricos da bacia considerada, enquanto os objetivos do monitoramento referem-se ao conhecimento do sistema.

2. DEFINIÇÃO DO ESCOPO TEMPORAL DO MONITORAMENTO

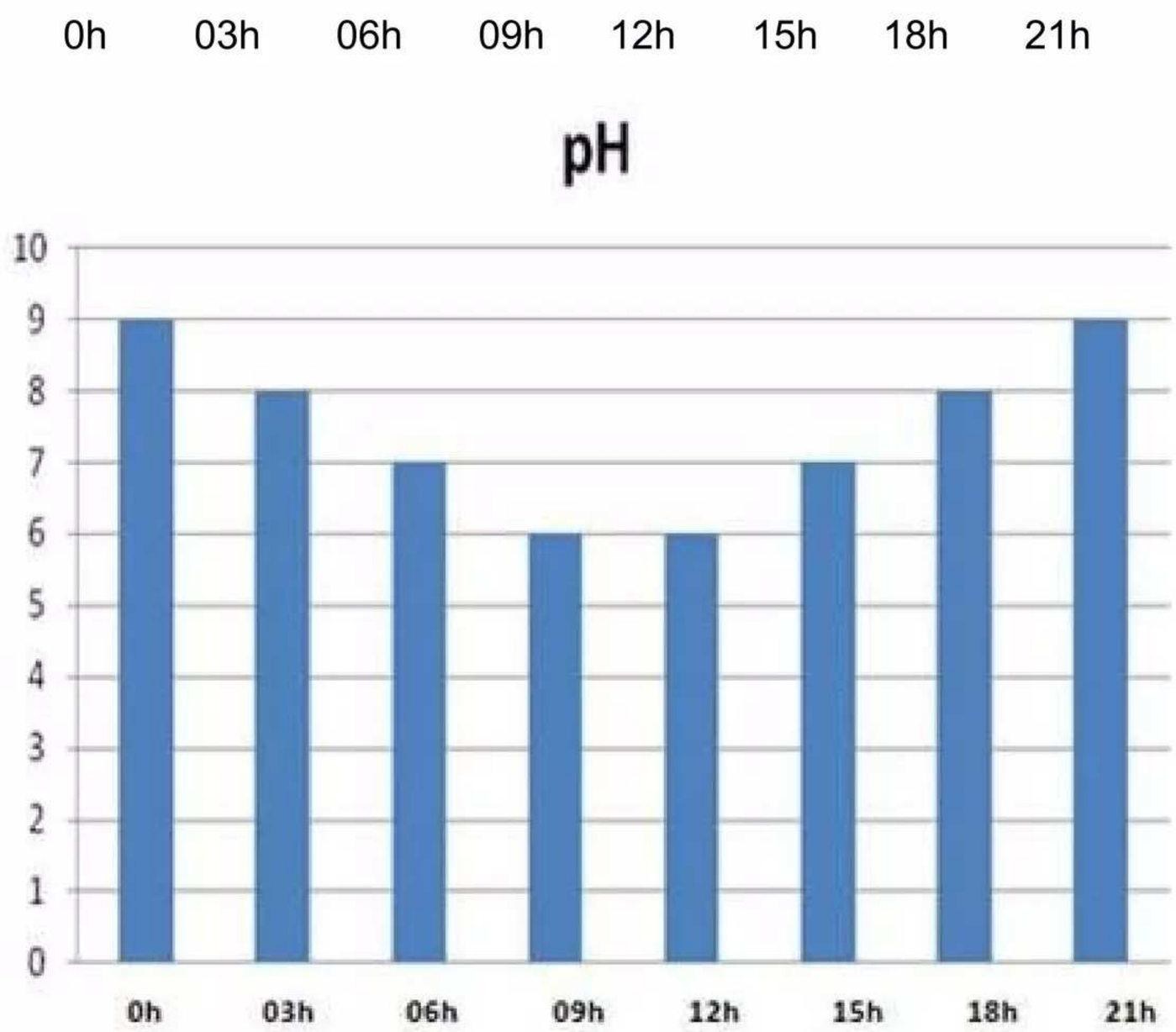
2.1 Variação temporal

Há quatro tipos principais de variação temporal relevantes: variação nictemeral, variação diária, variação semanal e variação sazonal.

2.1.1 Nictemeral

A variação nictemeral refere-se ao período de monitoramento que ocorre em um espaço de tempo compreendido por 24 horas. Consiste em qualquer variação associada ao poliperíodo, compreendendo tanto variações comportamentais de organismos (ex: fitoplâncton, zooplâncton, etc), como variações de fatores físicos e químicos da água. A análise da dinâmica diária de variáveis limnológicas pode ser muito importante para a compreensão do funcionamento de ambientes aquáticos. A coleta de dados, compreendendo um período diário, tem como objetivo observar as oscilações limnológicas de um corpo de água, uma vez que tal comportamento poderá relatar a dinâmica dos organismos diante das condições físico-químicas do momento. Estudos realizados em lagos tropicais, por exemplo, observaram que a amplitude de variação dos processos ecológicos pode ser maior em um período diário em relação a períodos sazonais em um ano. Segue abaixo uma figura hipotética que exemplifica uma variação nictemeral, no caso, do parâmetro pH (Figura 1).

Figura1 - Exemplo hipotético de variação nictemeral de pH, ao longo de 24 horas.



Fonte: Bastos (2013).

2.1.2 Diária

A variação diária refere-se ao monitoramento realizado em um determinado período do dia, e que ocorre diariamente. Determinados parâmetros necessários em programas de monitoramento devem ser mensurados todos os dias, pois podem corresponder a indicadores importantes para se determinar a qualidade de um curso d'água, por exemplo. É importante ressaltar, no entanto, que tudo depende dos objetivos do monitoramento.

2.1.3 Semanal

A variação semanal representa o monitoramento que ocorre semanalmente, ou seja, seleciona-se um determinado dia da semana como padrão para realização das medições. De posse dos dados obtidos e, dependendo dos parâmetros observados, é possível avaliar os resultados e visualizar padrões neste intervalo de tempo.

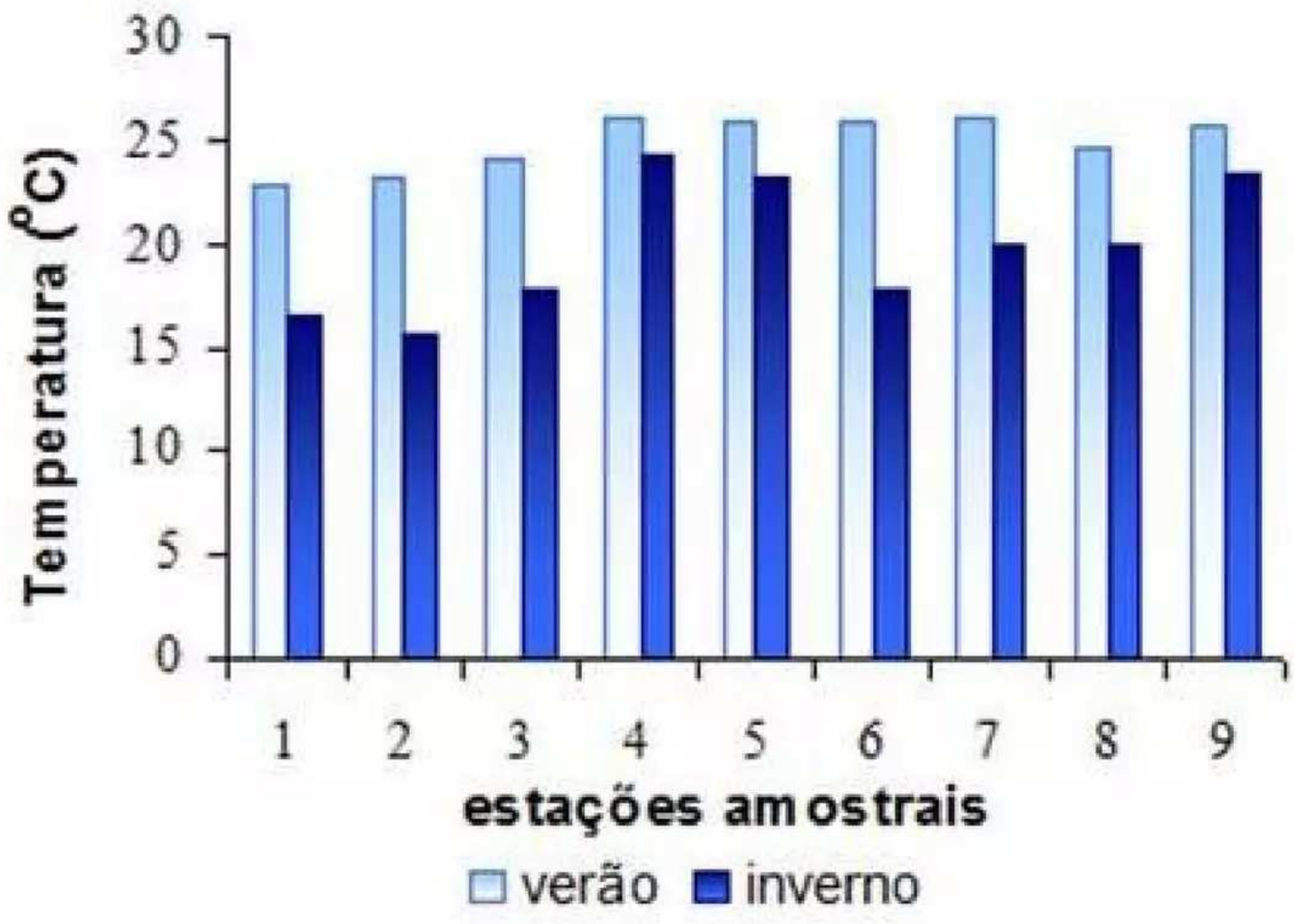
2.1.4 Sazonal

A variação sazonal está relacionada ao monitoramento em determinados períodos do ano, podendo, por exemplo, ser obtida com base nas estações do ano. O regime de chuvas no Brasil apresenta sazonalidade marcante com estação seca e chuvosa em diferentes épocas do ano de acordo com a localização geográfica, e as pesquisas e monitoramentos geralmente são realizados com base neste regime. A análise de variáveis, tanto físico-químicas quanto bióticas, pode indicar diferenças importantes entre épocas/estações do ano, indicando padrões de variação sazonal. Nesse contexto, a sazonalidade pode exercer influência direta e indireta sobre diversos parâmetros. A temperatura, por exemplo, é um parâmetro cuja variação está bastante relacionada à sazonalidade, geralmente sendo baixa no inverno e elevada no verão. Este fator, por conseguinte, pode influenciar diversos outros, como alteração nas taxas de oxigênio dissolvido e pH. Além disso, variações nos

gradientes físicos e químicos da água ao longo de um gradiente temporal devem exercer influência na dinâmica sazonal de organismos de ambientes lóticos. A vazão é outro exemplo de parâmetro que sofre forte influência da sazonalidade, sendo baixa em períodos secos e elevada em períodos chuvosos. Em regiões estuarinas, por exemplo, a maior ou menor salinidade pode ser influenciada por diferenças de vazão.

O monitoramento sazonal também é importante para verificar a carga de poluentes na água. A qualidade de corpos hídricos pode sofrer forte influência da sazonalidade devido às altas taxas de evaporação que ocorrem nos períodos secos, concentrando substâncias de alto potencial poluidor, prejudicando assim o uso da água em atividades humanas e o equilíbrio ecológico do ecossistema, alterando as comunidades aquáticas e a composição físico-química do manancial como um todo. No período chuvoso, apesar do grande aumento dos aportes por via direta ou pelo escoamento superficial, o efeito da diluição é maior, melhorando as condições ambientais, além de permitir a saída de parte destes nutrientes a partir de vertedouros. A Figura 2 demonstra um exemplo hipotético da variação espacial (09 estações) da temperatura da água (na superfície) em diferentes épocas do ano (verão e inverno). Observa-se a diferença existente entre os dados, e como estudado na unidade anterior, a variação da temperatura da água tem influência no comportamento de outras variáveis, como por exemplo, nas concentrações de oxigênio dissolvido.

Figura 2 - Exemplo hipotético da variação da temperatura da água em duas estações do ano (verão e inverno) em 09 estações de monitoramento.



Fonte: Itaipu Binacional, 2012

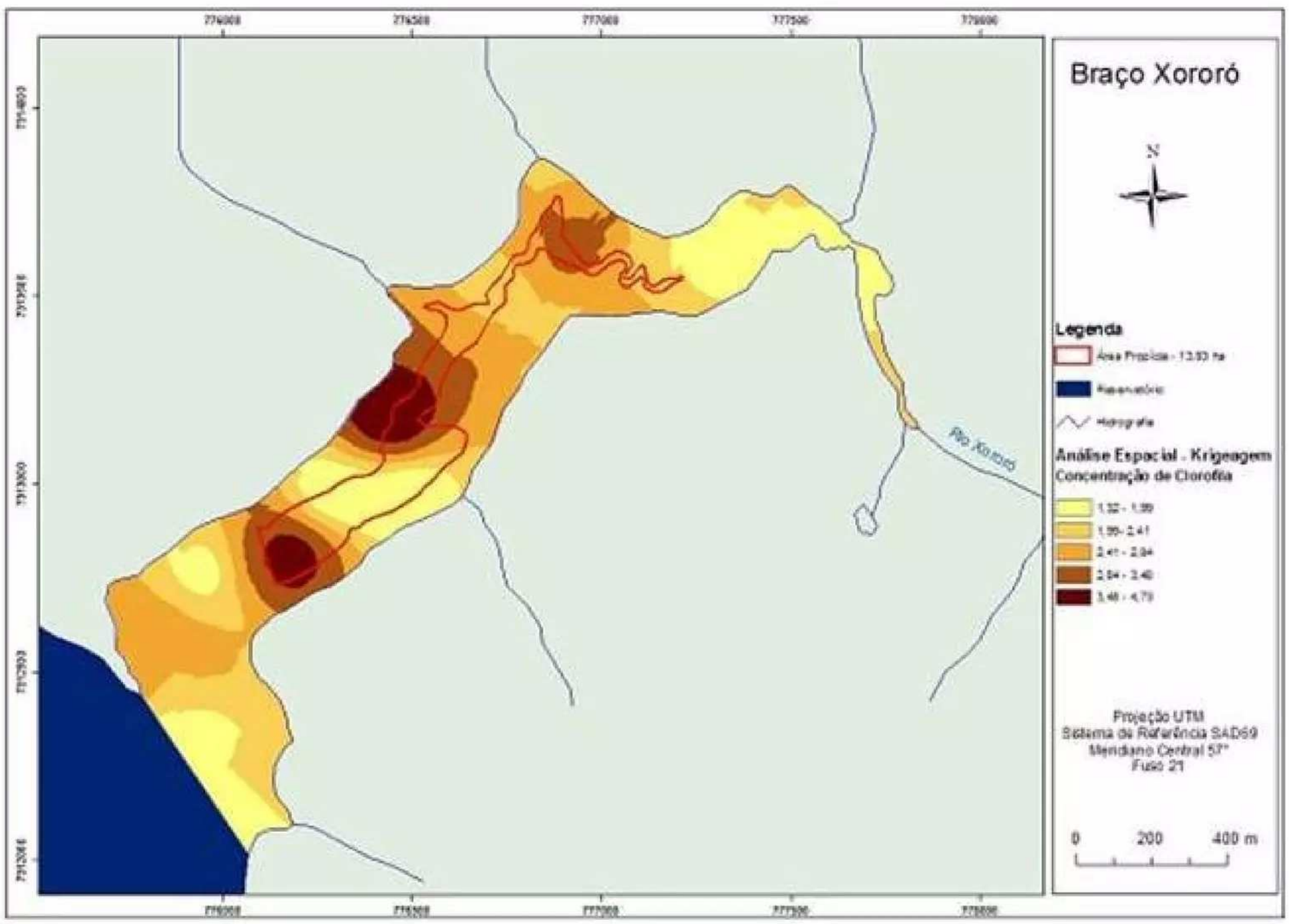
2.2 Variação espacial

A qualidade das águas varia em função de uma enormidade de fatores, tais como uso e ocupação do solo da bacia de drenagem e existência de indústrias com lançamento de efluentes diversificados. Nesse sentido, verifica-se a importância da análise do perfil espacial para identificarmos os trechos mais críticos, ou seja, é necessário que se faça uma análise completa da bacia para verificação dos locais necessários ao bom monitoramento da qualidade da água.

Quando, em um monitoramento, se verifica grandes variações espaciais em variáveis analisadas, sejam estas físicas, químicas e/ou biológicas, isto pode ser um indicativo de que o curso d'água em questão é sensível a modificações no ambiente de entorno. Por exemplo, em um ponto de monitoramento que esteja próximo a regiões que foram desmatadas para fins agropecuários, podem ser registradas elevadas concentrações de material em suspensão, além de baixas concentrações de oxigênio dissolvido, e até altas concentrações de metais pesados na água e/ou

no sedimento. Outro parâmetro que pode ser avaliado espacialmente e pode ter sua concentração relacionada a elevadas concentrações de matéria orgânica e níveis de poluição é a clorofila a. É importante caracterizar a variabilidade da clorofila em diferentes regiões não apenas como uma característica da variação natural, mas como um passo essencial para detectar efeitos antrópicos sobre a dinâmica do fitoplâncton. Além disso, o entendimento da dinâmica relação entre o suprimento de nutrientes e a formação da biomassa fitoplanctônica é importante para predizer e evitar eutrofizações, sejam elas marinhas, estuarinas ou continentais. Segue abaixo exemplo hipotético da variação espacial de clorofila a (Figura 3).

Figura 3 - Exemplo hipotético da variação espacial da concentração de clorofila a, em um braço do Reservatório de Itaipu.



Fonte: Itaipu Binacional (revisores, projeto Águas e Conhecimento, 2012).

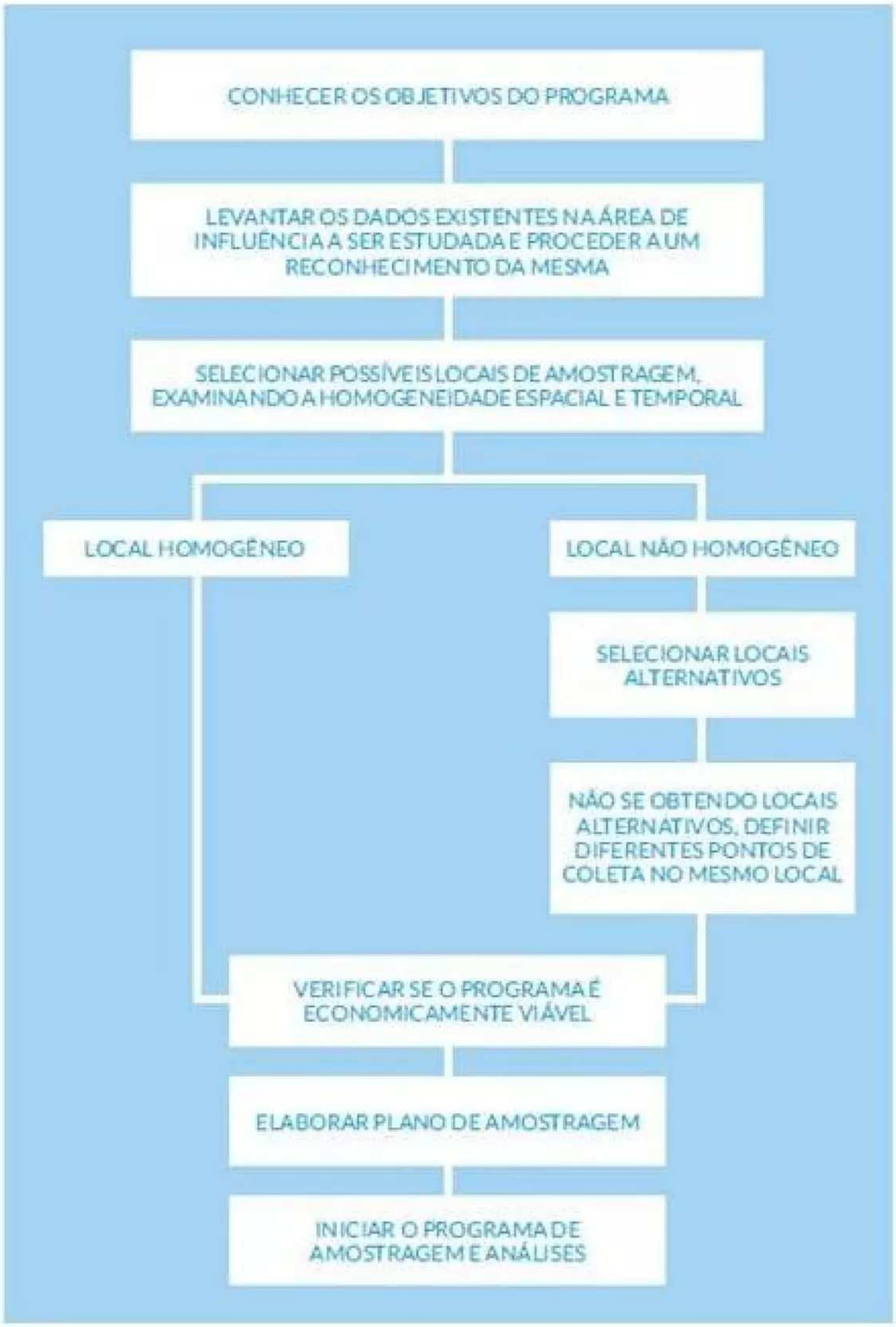
2.2.1 Critérios para seleção de pontos de amostragem

A escolha dos pontos de amostragem e dos parâmetros a serem analisados é realizada em função do tipo de ecossistema aquático, dos objetivos previamente definidos, do uso de suas águas, da localização de atividades que possam influenciar na sua qualidade e da natureza das cargas poluidoras, tais como despejos industriais, esgotos domésticos, águas de drenagem agrícola ou urbana.

Se o objetivo da análise é pericial e/ou investigativo, por exemplo, e visa avaliar a contribuição de um certo tipo de efluente na qualidade de um corpo d'água, a coleta deve ser realizada em pelo menos três pontos: um ponto à montante (ponto controle, localizado antes do lançamento), um ponto na zona de mistura (confluência do efluente com o corpo receptor) e um ponto à jusante (logo após o lançamento da fonte poluidora). Caso seja possível, deve-se também selecionar outros pontos no corpo d'água para avaliar a capacidade de diluição. Paralelamente, deve ser feita a coleta de um ponto controle da origem, ou seja, a coleta do próprio efluente que está sendo lançado, e/ou na origem do local suspeito para que seja possível a caracterização e o confrontamento dos resultados.

Na escolha do local adequado para um programa de amostragem é importante considerar que a qualidade de um corpo d'água varia conforme o local (variação espacial) e o decorrer do tempo (variação temporal). Para garantir a homogeneidade e representatividade dos pontos de amostragem, as ações a serem tomadas devem ser cuidadosamente planejadas, conforme descreve a Figura 4.

Figura 4 - Planejamento para a seleção de locais e posições de monitoramento.



Fonte: CETESB, 2011 (Acesso em 08/01/13).

Para a instalação de estações de monitoramento, devemos considerar dois critérios muito importantes: a representatividade da estação quanto ao uso e ocupação do solo e a acessibilidade, pois o acesso às estações deve ser possível durante todo o ciclo hidrológico. Na escolha das estações de monitoramento,

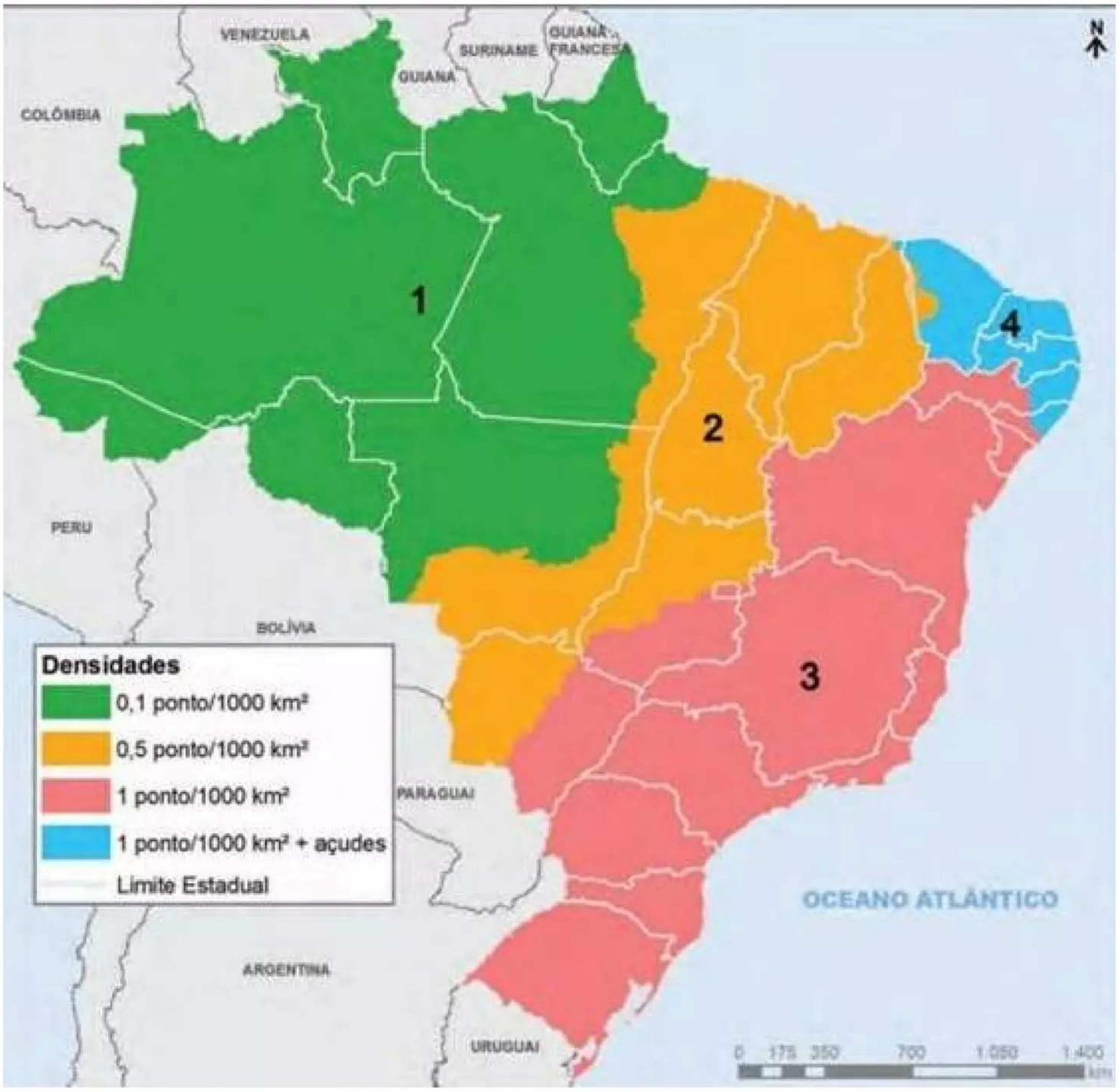
devemos evitar locais de difícil acesso, propriedades particulares ou locais sujeitos à restrição de acesso por fenômenos sazonais, como enchentes. Vale ressaltar que o plano de amostragem depende dos objetivos do projeto ou do programa de monitoramento, pois cada caso requer uma metodologia específica, tanto de coleta, quanto de ensaios e interpretação de dados.

2.2.2 Metodologia de Alocação de Pontos de Monitoramento de Qualidade de Água, desenvolvida pela ANA para o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA)

Segundo a Agência Nacional de Águas, a locação de pontos de monitoramento de qualidade de água pode ser dividida em duas etapas subsequentes: A macrolocação e a microlocação. A macrolocação envolve a identificação das grandes regiões onde deverá ser implementada a rede de monitoramento, e está diretamente relacionada aos objetivos da rede a ser implantada. Já a microlocação envolve a definição precisa dos locais onde o monitoramento deverá ser realizado.

A partir de uma visão estratégica da qualidade das águas no território nacional e com vistas a promover a cooperação entre os operadores das redes de monitoramento de todo o país, a Agência Nacional de Águas elaborou o projeto da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade da Água (RNMQA). Para elaboração desta rede integrada, foram estabelecidas metas regionalizadas que se referem à densidade mínima de pontos por km^2, à frequência mínima de amostragem dos parâmetros por ponto de monitoramento, e aos parâmetros mínimos analisados por ponto de monitoramento, em função das características hídricas e de qualidade da água das diferentes regiões do País. No Brasil, em função das diferenças regionais, a metodologia de monitoramento foi dividida em regiões, segundo os critérios mínimos de densidade de pontos por km^2 (Figura 5).

Figura 5 - Regiões da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade da Água (RNMQA) segundo as metas e a densidade do monitoramento nas regiões hidrográficas.



Fonte: Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil: 2012. (Acesso em: 10/01/13).

Com relação à frequência de monitoramento, a meta da RNMQA estabelece que, no mínimo, sejam realizadas coletas semestrais na região 1 e trimestrais no restante do País.

Além dos pontos de alocação definidos pela ANA, a fim de facilitar a avaliação das redes de monitoramento de qualidade da água, conta-se com o apoio dos seguintes elementos: