

CAPÍTULO 26

REDE INDEPENDENTE DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE RESERVATÓRIOS EUTROFIZADOS: UMA PROPOSTA

Marcelo Pompêo¹, Sheila Cardoso-Silva² & Viviane Moschini-Carlos²

1 - Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. 2 - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Sorocaba, Sorocaba, Brasil.
E-mail: mpompeo@ib.usp.br

RESUMO

Cabe aos órgãos públicos o gerenciamento da qualidade das águas dos reservatórios, principalmente dos empregados no abastecimento público, mas a participação ativa da sociedade é fundamental não só para garantir sólidos programas de monitoramento, mas também para garantir usos mais nobres dos recursos hídricos. Este manuscrito visa incentivar a formação de uma rede independente de monitoramento da qualidade da água, particularmente de reservatórios. Também é discutida a constituição de diferentes kits de baixo custo que permitam acompanhar a evolução da qualidade da água, principalmente baseada na contribuição antrópica, em particular no processo de eutrofização.

1 INTRODUÇÃO

Fornecer acesso universal à água em quantidade e qualidade necessária aos diversos usos é um dos maiores desafios de desenvolvimento deste início de século. O acesso restrito constitui entrave ao crescimento econômico, é fonte de profundas desigualdades e barreira ao rápido progresso (PNUD, 2006).

Para satisfazer a crescente demanda por água, inúmeros reservatórios foram construídos no século passado. Considerado como símbolo de modernização e da habilidade humana em controlar e utilizar recursos da natureza, a construção de grandes reservatórios cresceu consideravelmente entre as décadas de 30 e 70 (CMR, 2000). Esta tendência foi mantida até seu apogeu na década de 70. Desde então tem diminuído o número de construções, em particular nos Estados Unidos e Europa. Os cinco países com o maior número de reservatórios, possuem cerca de três quartos de todos os grandes reservatórios do mundo, sendo que praticamente dois terços deste total encontram-se nos países em desenvolvimento, como no Brasil (CMR, op cit.).

O reservatório é empregado principalmente para barrar água visando à geração de energia elétrica, acumulação de água para abastecimento público e projetos de irrigação. Cerca de 50% dos reservatórios servem a projetos de irrigação e contribuem com 12 a 16% da produção mundial de alimentos. Ao menos 75 países têm construído grandes reservatórios para controle de inundações (CMR, 2000). É recomendável que além dessas finalidades o reservatório apresente usos múltiplos como natação, pesca esportiva, esportes náuticos e fins paisagísticos.

Ecologicamente, reservatórios são sistemas de transição entre rios e lagos, com mecanismos de funcionamento específicos, dependentes da bacia hidrográfica e dos usos do sistema (TUNDISI, 1985). Suas características morfométricas e sua posição na bacia hidrográfica, da mesma forma como um lago natural, fazem com que funcione como um acumulador de informações processadas dentro de sua bacia hidrográfica. Essas informações são decodificadas pelas comunidades biológicas, refletidas por alterações na composição fitoplancônica e zooplancônica (TUNDISI, 1985). Além da influência alóctone, os reservatórios apresentam dinâmica própria, reflexo do tempo de residência de suas águas, morfometria e profundidade. Reservatórios menores também devem ser mais influenciados por fatores externos do que reservatórios de maior área, volume e profundidade. Isto é, em reservatórios menores eventos externos de reduzida magnitude devem proporcionar maiores alterações nas características físicas, químicas e biológicas da massa d'água do que esse mesmo evento atuando em reservatórios maiores. Assim, os reservatórios apresentam dinâmica que reflete tanto a influência de fatores externos como internos. Ao longo do tempo deve ocorrer mudança na ordem de importância desses fatores, na dependência da magnitude dos fatores internos e externos. Portanto, lagos e reservatórios são depositários dos eventos presentes e passados de sua bacia de drenagem, e a dinâmica, a estrutura, o funcionamento e a caracterização desses ecossistemas aquáticos repousam, em parte, sob a influência externa (HENRY, 1990).

Na verdade os reservatórios são alvo de inúmeras influências externas as quais podem acarretar em significativos impactos antrópicos. Este é o caso do lançamento de esgotamento sanitário no curso d'água mais próximo. Esta prática é um dos maiores responsáveis pela degradação de recursos hídricos no Brasil (CHAUDHRY, 2000). O ambiente aquático demonstra ter condições de receber e de decompor os poluentes, mas cargas orgânicas acima de determinado nível causam alterações no ecossistema local e circunvizinho (CAMPOS, 2000). Como a vida depende de processos naturais complexos e interconectados, o ecossistema não pode absorver uma quantidade ilimitada de abusos (SEMA, 1994). Dependendo da carga orgânica lançada, o processo de autodepuração é prejudicado, conseqüentemente, as condições ambientais não serão adequadas à reprodução e ao crescimento de organismos incluindo àqueles que decompõem a matéria orgânica (CAMPOS, op cit.). Com isso, o equilíbrio ecossistêmico é prejudicado.

Por estarem associados aos usos pelo homem, em geral, os reservatórios apresentam tendência à deterioração da qualidade de suas águas (CALIJURI; OLIVEIRA, 2000). Este é o caso dos mananciais Billings e Guarapiranga, localizados na região metropolitana de São Paulo, e responsáveis pelo abastecimento de cerca de 5,6 milhões de pessoas. Outro importante manancial

na região, o reservatório Paiva Castro, um dos reservatórios que compõem o Sistema Cantareira, já apresenta preocupantes sinais de alteração na qualidade da água e do sedimento (MACEDO, 2001; CARDOSO-SILVA, 2013) e no futuro próximo poderá passar pelo mesmo processo de eutrofização vivenciado pelos reservatórios Guarapiranga e Billings. A continuada deterioração da qualidade da água desses três importantes mananciais, e a eventual impossibilidade do seu uso, causarão incontáveis transtornos a todo processo produtivo e à qualidade de vida da população. A responsabilidade pela manutenção do uso com qualidade desses mananciais e de seu entorno, em primeiro lugar é do poder público constituído. No entanto, a sociedade, o cidadão consciente, a escola participativa, as associações de bairro e profissional, entre outros grupos organizados, não podem permitir que o poder público aplique unicamente seus interesses no controle dos usos desses mananciais. Segundo a Constituição Federal (BRASIL, 1988, Art. 225), todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as gerações presentes e futuras. Assim, também é dever do cidadão e de outros grupos constituídos, e não cabe unicamente a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), a Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A. (EMAE) e a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), em particular no caso da cidade de São Paulo, a responsabilidade pelo gerenciamento, monitoramento e manejo das massas de água. A participação ativa da sociedade, fiscalizando, sugerindo, monitorando e cobrando transparência nas ações dos poderes públicos é fundamental para garantir usos mais nobres dos espaços e de seus serviços ecossistêmicos. Assim, a constituição de sólidos programas de monitoramento e independente dos oficiais é crucial para acompanhar e garantir a qualidade das massas de água para usos futuros. Desta forma, este manuscrito tem como objetivo propor a formação de uma rede independente de monitoramento da qualidade da água, particularmente de reservatórios eutrofizados brasileiros. A fim de viabilizar a formação da rede independente aqui proposta, também é discutida a constituição de diferentes kits que permitam acompanhar a evolução da qualidade das águas.

A recente crise no abastecimento vivenciada em 2014 na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), reforça a necessidade de novas formas de monitoramento e controle, independente dos programas estaduais, municipais ou das empresas ligadas aos setores de abastecimento e coleta e tratamento dos esgotos.

2 PARTICIPAÇÃO DA SOCIEDADE

Independente de aspectos técnico-científicos apresentados por especialistas é extremamente salutar e necessária a participação da sociedade com propostas que contribuam na resolução dos inúmeros problemas ambientais brasileiros. O público é uma força lobista efetiva para assegurar o desenvolvimento e implementação de programas de proteção e saneamento (JACKSON; EDER, 1995). NAGAKAMI (1995) reforça que a participação popular no gerenciamento e planejamento ambiental pode ser utilizada principalmente para os aspectos de monitoramento e fiscalização.

De fato, a conservação da biodiversidade pressupõe a transformação da atitude puramente defensiva - a proteção da natureza frente às repercussões do desenvolvimento - para um trabalho ativo que procure satisfazer as necessidades de recursos biológicos da população. Neste aspecto a participação da sociedade na solução dos problemas ambientais assegura a sustentabilidade em longo prazo da riqueza biótica da Terra (REID et al., 1992).

Importante experiência com a participação de diversos setores da sociedade, com resultados práticos significativos no controle do processo de eutrofização, ocorreu no Japão. O Lago Biwa é o maior lago japonês, com uma área superficial estimada em 674 km², com 130 rios e mais de 400 canais afluentes e uma única saída (NAKAMURA, 1999). Ao longo de toda sua extensão, abastece uma população de cerca de 14 milhões de pessoas e, apenas a estação de tratamento de água de Murano, na cidade de Nagoya, diariamente supre água de qualidade para mais de 6 milhões de habitantes. Devido a grande pressão pelo uso da água para diversas finalidades domésticas, agrícolas e industriais, a padrões amplos de lançamento de fluentes e a reduzida administração dos

conflitos no uso da água, uma contínua elevação nos teores de fósforo foi verificado, agravando o processo de eutrofização no lago, principalmente a partir da década de sessenta. Após a criação de um comitê gestor, composto por diversos setores da sociedade e a população local, e a aplicação de leis com padrões de lançamento mais restritos, foi possível reduzir os níveis de fósforo na coluna de água e o quadro de deterioração progressiva da qualidade da água do lago (NAKAMURA, op cit.).

Este e outros exemplos deixam claro que a participação popular no gerenciamento e planejamento ambiental, principalmente nas questões relativas ao monitoramento e fiscalização independentes, deve ser reforçada. No entanto, como contradição à participação popular, algumas questões merecem ser levantadas. O cidadão comum, não sendo especialista em recursos hídricos ou ecologia de ecossistemas aquáticos continentais, muitas vezes tem restrito conhecimento teórico e técnico para elaborar estratégia de amostragem e programa de monitoramento condizente com nobres objetivos a serem atingidos. Da mesma forma, também possui pouco conhecimento prático para a efetiva coleta de dados a campo e pouco domínio das técnicas de análise de dados. Além do mais, quanto mais refinados os objetivos propostos, mais sofisticados deverão ser o delineamento experimental e os materiais e métodos empregados a campo, no laboratório e na análise de dados, implicando em maior especialização da equipe e mais vultosos os recursos financeiros empregados na aquisição, implantação e manutenção dos equipamentos e rotinas de campo e laboratório.

Na prática, para que haja plena credibilidade na proposta de monitoramento independente, no conjunto de dados levantados e na análise de dados e conclusões pertinentes, apenas grupos bem estruturados terão competências para efetivamente cumprir esse papel. Estes grupos também devem contar com a assessoria de profissionais especializados nos mais diversos campos de atuação subsidiando as decisões e conclusões. Assim, é necessário equilibrar a proposta de monitoramento aos objetivos e extensão do programa, com base nos recursos financeiros e humanos disponíveis.

Segundo o Plano Nacional de Recursos Hídricos - PNRH (PNRH, 2006), a rede de monitoramento da qualidade da água superficial brasileira apresenta contrastes regionais, sendo muito limitada no Norte e Nordeste. Levando-se em consideração as preocupações apresentadas acima, a utilização em larga escala de kits, como proposto neste trabalho, substancialmente ampliaria a rede de monitoramento em todo território nacional, o que melhor permitiria acompanhar as alterações na qualidade das águas interiores, em particular de reservatórios, constituindo em importante banco de dados e possibilitando a transferência de informações aos órgãos públicos.

3 O MONITORAMENTO INDEPENDENTE

Um programa independente de monitoramento tem como meta constituir série histórica de dados que possibilite acompanhar tendências, tornando-se um poderoso instrumento de controle. Serve também para confrontar dados levantados pelos órgãos sob coordenação do poder público.

No entanto, é preciso evitar obter grande número de dados que resultem em poucas informações confiáveis e desconectadas. Devem ser estabelecidos objetivos mínimos e definidos a localização dos pontos de coletas, a frequência e as variáveis levantadas, com base numa análise de custo-benefício. A rede de monitoramento brasileira distribuída nos estados aplica diferentes metodologias a campo e laboratório, apresenta problemas de credibilidade devido a deficiências na qualificação dos aplicadores e laboratórios de análises, implicando na não confiabilidade de um grande conjunto de dados, prejudicando a análise comparativa (CLARKE; SILVA DIAS, 2003). A possibilidade da aplicação de um programa de monitoramento padrão mínimo a todo território nacional, permitirá constituir um banco de dados único, inexistente na atualidade.

4 DIVULGAÇÃO DAS INFORMAÇÕES

A restauração das massas de água exige a tomada de várias medidas, tais como, soluções tecnológicas e políticas econômicas e ambientais específicas. Além disso, a contribuição à restauração é amplificada através da participação ativa da população, não somente sugerindo e fiscalizando, mas aplicando sólido programa de monitoramento independente, como discutido.

A força do monitoramento independente está exatamente na possibilidade de oferecer livre acesso às planilhas de dados. Em hipótese alguma, o acesso à informação deve ser restrito. Os dados levantados e as discussões geradas devem ser tornados públicos, preferencialmente disponíveis na internet. O site criado deverá permitir a atualização on-line do banco de dados, constituindo um histórico da qualidade das massas de água estudadas, disseminando as informações levantadas, apresentando a experiência local, além de incentivar a aplicação dos kits em outras localidades. Também devem ser empregadas ferramentas como blog, fotoblog, videoblog, Twitter, Facebook, salas de bate papo, lista de e-mail, grupos diversos, comunicação VoIP e salas de vídeo conferência, como instrumento de discussão e treinamento, além de outros que no futuro surgirão.

Relativo à divulgação das informações, vale a pena ressaltar, pois, particularmente para a RMSP, mas podemos estender esta constatação para praticamente o Brasil todo, hoje são poucos os órgãos públicos que disponibilizam dados em relatórios consolidados, baixados de sites de forma independente e sem necessidade de solicitação prévia. De maneira geral, o comum é não obtermos informações, mesmo mediante solicitações formais. Grata exceção é a Cetesb (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), ligada à Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, que por força de normativa disponibiliza em site inúmeros relatórios.

5 A UTILIZAÇÃO DE KITS NO MONITORAMENTO

O monitoramento dos ecossistemas aquáticos deve ser efetuado com apoio de laboratório e mão-de-obra especializadas, o que requer elevado custo financeiro para implementação e manutenção. A utilização de métodos e equipamentos simplificados, como os kits, é uma alternativa viável. O baixo custo, a praticidade e eficiência esperadas deste kit, possibilitam sua replicação em larga escala. Como vantagens esperadas pela aplicação de kits, temos a ampliação do número de pontos de monitoramento; a possibilidade de estudar grande número de lagoas, lagos, rios e reservatórios; a livre disponibilização da informação; a transferência das informações para as comunidades locais, fomentando em todos os níveis a educação ambiental, além de confrontar esses dados e suas tendências com os levantamentos oficiais. Enfim, é possível constituir de fato uma rede de monitoramento da qualidade da água dos ecossistemas aquáticos continentais brasileiros.

6 VARIÁVEIS ANALISADAS EM ESTUDOS ECOLÓGICOS

No estudo de ecossistemas aquáticos são inúmeros os dados levantados em campo. A seguir sumariamente são apresentadas as variáveis mais comumente empregadas nos estudos limnológicos visando avaliar a qualidade da água, principalmente de reservatórios.

A temperatura é de grande importância num ecossistema aquático, pois influencia os processos físicos, químicos e biológicos (ARANA, 1997). Através da temperatura é possível inferir a respeito da taxa de gases dissolvidos, do metabolismo, da distribuição e abundância dos organismos no corpo d'água, entre outros fatores (MARGALEF, 1983).

A avaliação da condutividade elétrica nos estudos limnológicos justifica-se, pois permite observar diferenças geoquímicas nos afluentes e no rio principal ou em diferentes profundidades na massa de água. Pode indicar fontes poluidoras, quando há aumento da condutividade elétrica (ESTEVES, 2011). A variação diária da condutividade elétrica pode indicar processos de produção primária (redução de valores) ou decomposição (aumento de valores).

O pH é também importante variável ambiental, porém, é difícil distinguir seus efeitos diretos e indiretos devido às suas diversas influências na química da água (LAMPERT; SOMMER, 1997; ESTEVES, 2011). Segundo Paranhos (1996), o pH pode ser um indicativo de mudanças no estado fisiológico de um ambiente, como os verificados em ambientes poluídos e eutrofizados.

O oxigênio dissolvido é essencial para a respiração da maioria dos organismos aquáticos. A concentração de oxigênio dissolvido ajuda na detecção de impactos ambientais como a eutrofização e poluição orgânica. Em ambientes com elevada carga orgânica espera-se baixos teores de oxigênio dissolvido. Também é importante avaliar o teor de oxigênio em termos de porcentagem de

saturação. Este é determinado com base na temperatura da água e na pressão atmosférica (GOLTERMAN et al., 1978).

Os teores de nutrientes são frequentemente relacionados com o grau de poluição doméstica e a atividade agropecuária circunvizinha a um ecossistema aquático. Altos valores de nutrientes muitas vezes indicam poluição, daí a importância na sua determinação (CARMOUZE, 1994). Os principais nutrientes são o fósforo e o nitrogênio totais e suas formas derivadas, o ortofosfato e o nitrato, o nitrito e o amônio, respectivamente. Contudo, a avaliação do grau de eutrofização de um ecossistema (concentração de espécies químicas fosfatadas e nitrogenadas) e a especulação sobre sua eventual carência em nutrientes, não pode ser deduzida apenas pelas concentrações dos nutrientes em água (CARMOUZE, op. cit.). Informações complementares sobre outras formas dos elementos biogênicos e as atividades biológicas são indispensáveis, mas não abordadas neste manuscrito.

Dados biológicos, como o fitoplâncton, são normalmente amostrados na região limnética da massa de água, em profundidades determinadas de acordo com a penetração da luz medida com diversos instrumentos, tais como radiômetro, quanta meter e disco de Secchi (HENRY et al., 2006). A biomassa fitoplanctônica pode ser determinada através da clorofila *a*, corrigida para feofitina. São utilizados filtros de alta qualidade e porosidade definida, de custo elevado. A extração dos pigmentos é realizada com solventes como metanol, etanol ou acetona e o cálculo das concentrações efetuados segundo equações, como descritas em Lorenzen (1967).

Para o estudo do fitoplâncton amostras de água são fixadas com soluções de lugol ou formol a 4%, e os organismos analisados sob microscópio óptico e contados sob microscópio invertido segundo Utermöhl (1958). Nestes casos, são necessários equipamentos ópticos sofisticados, profissional treinado na identificação dos grupos taxonômicos e na contagem dos organismos. Além do fitoplâncton, algas perifíticas, zoobentos, peixes, macrófitas aquáticas e o zooplâncton, também são utilizados na avaliação da qualidade da água.

Os coliformes termotolerantes (*Escherichia*, juntamente com os gêneros *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella*), cujo habitat é o trato intestinal do homem e de outros animais de sangue quente, têm sido úteis para medir a ocorrência e grau de poluição fecal em águas. Os coliformes termotolerantes dão uma correlação direta da poluição por fezes de animais de sangue quente, podendo indicar a presença de outros patógenos (SOUZA et al., 1983). Seu uso justifica-se uma vez que a contaminação por coliformes termotolerantes nos ecossistemas aquáticos compromete a qualidade dos recursos hídricos para o consumo humano devido ao risco de contrair doenças de veiculação hídrica (RIVERA; MARTINS, 1996).

Importante também, compreendendo uma análise integrada do ecossistema aquático, são os estudos em laboratório definidos como toxicologia ambiental ou ecotoxicologia, complementando as abordagens químicas, físicas e biológicas efetuadas em estudos a campo, apresentados acima. Estes termos são empregados para descrever o estudo científico dos efeitos adversos causados aos organismos vivos pelas substâncias químicas liberadas no ambiente (CHASIN; PEDROZO, 2003). Há grande variedade de efeitos tóxicos, tais como efeito local ou sistêmico, efeito imediato ou retardado, efeito reversível ou irreversível, efeitos morfológicos, funcionais e bioquímicos, efeitos somáticos ou germinais e reações alérgicas e idiossincráticas (CHASIN; PEDROZO, 2003, op cit.). As análises físicas e químicas podem fornecer importantes informações sobre a qualidade da água, mas podem ser inadequadas para avaliar as concentrações seguras de diversas substâncias potencialmente tóxicas. Assim, a determinação da toxicidade potencial é mais bem avaliada por meio do biomonitoramento e de bioensaios, como os testes crônicos e agudos de toxicidade, desenvolvidos com a finalidade de avaliar os níveis de toxicidade de amostras d'água ou sedimento (ARAGÃO; ARAÚJO, 2006; ROBERTO; ABREU, 1991).

A eutrofização é considerada um dos mais graves problemas associado à redução da qualidade das águas superficiais. A falta de ações e medidas concretas no curto prazo visando conter e reduzir esse processo contribuirá para agravar a deterioração da qualidade das águas (POMPÊO et al., 2005). A eutrofização é caracterizado pelo aporte excessivo, permanente e contínuo de nutrientes nas massas de água, em particular de nitrogênio e fósforo, essenciais para o crescimento vegetal. Pode ocorrer de maneira natural, pelo envelhecimento do lago, em geral em milhares de anos,

decorrente do aporte de nutrientes da chuva e águas superficiais. A problemática está relacionada à aceleração da eutrofização pelo crescimento populacional, urbanização e industrialização crescentes e também ao uso de fertilizantes (GOLDMAN; HORNE, 1983; HENDERSON-SELLERS; MARKLAND, 1987). Outros fatores, como a luz, temperatura, turbidez, regime de fluxo da água e substâncias tóxicas, também são importantes (LEAF; CHATTERJEE, 1999). Para tipificar o estado trófico de uma dada massa de água são empregados índices de acordo com a taxa de assimilação (ICHIMURA, 1968) e a produtividade primária fitoplanctônicas (LIKENS, 1975; ESTEVES, 1988), as concentrações de N e P totais (CARLSON, 1977; SAKAMOTO, 1966; SALAS; MARTINO, 1990), a profundidade do disco de Secchi e o teor de clorofila (CARLSON, op cit.; TOLEDO et al., 1983; SALAS; MARTINO, op cit.). No Brasil tem sido utilizado os índices descritos por LAMPARELLI (2004). Portanto, qualquer programa de monitoramento da qualidade da água deverá ter como objetivo mínimo avaliar alterações no estado trófico.

7 KITS PARA DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

A principal vantagem no uso de kits no monitoramento da qualidade da água, com base no baixo custo, é a sua aplicação em todo território nacional permitindo constituir de fato rede de monitoramento. Por exemplo, se em cada estado brasileiro, incluindo o Distrito Federal, trinta diferentes grupos aplicassem esse kit, avaliando mensalmente a qualidade da água de ao menos dez diferentes corpos de água teríamos 8.100 estações de monitoramento, o que não é desprezível.

Existem diversas sondas e kits para monitorar variáveis físicas, químicas e biológicas que permitem a avaliação da qualidade da água (Tabelas 1 e 2). Este manuscrito explorará alguns deles.

Tabela 1: Sondas para determinação da qualidade da água

Equipamentos	Descrição do Equipamento
Horiba U10 http://www.wq.hii.horiba.com	Mede 6 variáveis: temperatura, pH, condutividade elétrica, salinidade, turbidez e teor de oxigênio dissolvido.
Horiba U-22XD http://www.wq.hii.horiba.com	Mede 10 variáveis: temperatura, pH, condutividade elétrica, salinidade, turbidez, teor de oxigênio dissolvido, profundidade, potencial de oxiredução, sólidos totais dissolvidos e gravidade específica da água do mar.
YSI Incorporated http://www.y.si.com/	Várias configurações. Algumas medem 9 variáveis: temperatura, condutividade elétrica, salinidade, potencial de óxido redução, sólidos totais, oxigênio dissolvido, turbidez, clorofila-a, cianobactérias.
Troll 9000 www.clean.com.br	Mede 11 variáveis: oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, pH, potencial de óxido redução, turbidez, temperatura, profundidade, pressão, nitrato, cloreto e amônia – de acordo com a configuração.
DS5X http://www.hachenvironmental.com	Possui GPS acoplado ao leitor/data logger. É uma das mais completas sondas disponíveis no mercado. Mede 16 variáveis: temperatura, profundidade, condutividade elétrica, salinidade, potencial de óxido redução, sólidos totais, pH, ortofosfato, oxigênio dissolvido, turbidez, clorofila-a, cianobactérias, amônio, nitrato, cloreto, luz ambiente

As sondas (Tabela 1) são equipamentos portáteis constituídos de três partes, com um único ou um conjunto de eletrodos presos em uma ponta do cabo (Figura 1). O cabo propriamente dito, de comprimento variável, tem na outra extremidade instrumento com display em LCD com inúmeras funções, muitas vezes incorporando memória interna, GPS e barômetro. Estes equipamentos têm a vantagem da mobilidade, por permitirem medidas rápidas e em muitas estações de coletas, o que é conveniente para aplicação em inúmeras situações. A sonda Horiba U10, muito utilizada no Brasil, custa aproximadamente US\$ 4.500,00 (por importação direta), enquanto que outras sondas com maior número de eletrodos, tais como a Troll 9500 e Hydrolab DS5X, têm custo estimado em cerca de US\$ 15.000,00. Além destes equipamentos portáteis, também podem ser utilizados sistemas fixos de medição em tempo real muito comuns no Japão, sendo os dados levantados armazenados em *datalog* interno ou transmitido via rádio. Somado aos custos de instalação, manutenção, operação e treinamento de equipe, os sistemas fixos de medição em tempo real têm expressivo custo financeiro, o que confere vantagens para as sondas. Há também empresas nacionais que constroem sondas multiparâmetros, com resolução e precisão adequadas aos objetivos definidos, o que reflete

no custo final do equipamento. Desta forma, o desenvolvimento de soluções de alto desempenho e de baixo custo, considerando a realidade nacional, é importante iniciativa. Relativo ao oxigênio dissolvido, algumas empresas apresentam novidades com sensores com leitores ópticos, considerados muito mais sensíveis e confiáveis do que as tradicionais células de Clark, no entanto, no caso de monitoramento independente, de custo proibitivos.

Tabela 2: Kits para determinação da qualidade da água

Fabricantes	Produto destinado à (ao):
Alfakit http://www.alfakit.com.br	Indústria, aquicultura, meio ambiente, saneamento e piscina. Várias configurações e sensibilidade, dependendo do modo de leitura, se em cartela comparativa ou em colorímetro portátil.
PoliControl http://www.policontrol.com.br	Determinação de fosfato, com sensibilidade mínima para 1 mg P-PO ₄ ³⁻ /l.
Merck http://www.merck.de	Um grande elenco de compostos e elementos químicos. Para o fosfato o menor valor determinado é de 20 mg P-PO ₄ ³⁻ /l, para o nitrito de 2 mg N-NO ₂ ⁻ /l, nitrato de 10 mg N-NO ₃ ⁻ /l e amônio de 10 mg N-NH ₄ ⁺ /l.
Hanna Instruments http://www.hannacom.pt	Determinação de nitrato, nitrito, amônio e fosfato.
Alcon http://www.labcon.com.br	Uso em aquarofilia.
Tetra http://www.tetra.de	Determinação de nitrato, nitrito e fosfato.
Azôo http://www.azoo.com.tw	Determinação de nitrato, nitrito, amônio e fosfato.
Hagen http://www.hagen.com	Determinação de nitrato, nitrito, amônio e fosfato, pH, ferro, carbonatos, cálcio.



Figura 1: Esquema de uma sonda com as três partes básicas constituintes: 1) eletrodo; 2) cabo; 3) base com display em LCD com diversas funções. Modificado de www.yssi.com.

Quanto aos kits, são comercializados vários produtos no Brasil (Tabela 2). Há fitas que depois de emersas na água a ser analisada, desenvolve coloração que é comparada a cartela com escala de cores, permitindo quantificar o elemento analisado. Para outros kits são tomadas amostras de água em frascos padronizados e adicionadas pequenas porções de reagentes sólidos ou líquidos, com sua cor também comparada a uma escala de cores. Os kits nacionais e importados têm custo variável, de R\$ 8,00 a R\$ 300,00, sendo que permitem em geral a realização de 25 a 100 testes por kit.

O Laboratório de Limnologia do Departamento de Ecologia (IB, USP), testou vários itens (Tabelas 3 e 4) visando investigar a sua adequação na avaliação da qualidade da água, em particular do processo de eutrofização de pequenos lagos presentes no campus da USP em São Paulo (SP) (CARDOSO-SILVA, S.; POMPEO, M., dados não publicados). Medidas diretas de pH, condutividade elétrica, temperatura e oxigênio dissolvido também foram tomadas. Além dos kits empregados, os teores de nitrato, nitrito, amônio e fosfato foram determinados com métodos de

aceitação internacional por meio de análise espectrofotométrica (STRICKLAND; PARSONS, 1960; MACKERETH et al., 1978; KOROLEFF, 1976) e o teor de oxigênio dissolvido pelo método de Winkler modificado pela adição da azida (GOLTERMAN et al., 1978). Nestas análises os autores verificaram que para as determinações de condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico e temperatura da água existem equipamentos de leitura direta, de baixo custo e confiáveis no Brasil. Para a determinação do teor de oxigênio dissolvido também são encontrados kits de boa qualidade, como da Alfakit e Hanna, empregando determinações titulométricas. No caso do oxigênio dissolvido, as sondas para medida direta constituem interessante alternativa. No entanto, foi detectado problemas na avaliação dos teores das frações de nitrogênio e fósforo, pois os valores mínimos determinados pelos kits testados são elevados e muitas vezes superiores aos teores normalmente encontrados na massa de água, mesmo naqueles ambientes sabidamente eutróficos. Este impedimento qualitativo no uso de kits sugere que as determinações dos teores de nutrientes por meio espectrofotométrico ainda é a alternativa mais viável e confiável.

Tabela 3: Kits empregados na avaliação da qualidade da água - testados pelo Laboratório de Limnologia do Depto. de Ecologia (IB, USP)

Empresa	Amônia	Nitrato	Nitrito	Fosfato	pH	Oxigênio
Azão Read Sea Fish Tetra Hagen Sera Alfakit Merck Hanna Inst. Alcon	NH4/NH3 test Ref. 11 HI 3824 Cód. 20.04.5	Tetratest HI 3874	Nitrite test Ref. 52 HI 3873 Cód. 20.05.2	PO4 Test Mini-Lab Test Ref. 55 HI 3833	Ref. 109535 Cod. 20.02.1	Unikit HI 3810 Cód.20.11.3

Tabela 4: Equipamentos testados para elaboração de kit para avaliação da qualidade da água (ver texto)

Empresa	pH	CE	Temperatura	OD
Hanna Instruments Hanna Instruments Hanna Instruments Gehaka Incoteam Delfin	Waterchek 1 PG 1400	Waterchek 1 HI 9033	PG 1400 0-100 °C 0-50 °C	HI 9142

CE – condutividade elétrica, OD – oxigênio dissolvido

8 UMA PROPOSTA PARA CONFEÇÃO DE KITS

Um kit composto com a configuração de desaparecimento visual do disco de Secchi, pH, condutividade elétrica, temperatura da água e teor de oxigênio dissolvido, pode ser considerado mínimo para inferir e acompanhar mudanças na qualidade da água. No entanto, visando monitorar a qualidade da água de modo mais abrangente, neste trabalho são sugeridos quatro kits, os *MoniQuali. 1 a 4* (*Kit para Rápido Monitoramento da Qualidade da Água* - Tabela 5). Estes são constituídos na dependência dos objetivos da pesquisa, da experiência dos aplicadores e dos recursos financeiros disponíveis, permitindo cobrir ampla gama de objetivos.

O *MoniQuali.1* é empregado de forma simples e direta. Com a ampliação da experiência e qualificação do grupo, mas com maior aplicação de recursos financeiros, podem ser analisadas variáveis complementares. O *MoniQuali.4*, além de requerer experiência de campo, de laboratório e na análise de dados, envolve maior custo financeiro e apoio técnico especializado. Para os kits *MoniQuali.3* e 4, necessita-se de sala com bancada para a análise sob microscópio da comunidade fitoplanctônica e são sugeridas as determinações dos teores de clorofila e de nutrientes em análises espectrofotométricas. Visando preservar a qualidade dos dados levantados e reduzir custos, deve ser avaliada a relação custo/benefício na utilização de colorímetros e eletrodos de íons específicos para ortofosfato, nitrato, amônio. No caso da determinação dos teores de clorofila, o grupo de pesquisa

em Limnologia (USP, IB, Depto. de Ecologia) desenvolveu kit de baixo custo para avaliação em escala de cores dos teores de clorofila e, com base nesse teor, a determinação do respectivo estado trófico da massa de água estudada (ver Capítulo 25 deste livro). O kit **MoniQuali.2**, incluindo as simples determinações de nutrientes com cartelas de comparação de cores, pode ser considerado razoável para amplo uso nos ecossistemas aquáticos continentais brasileiros e sua vantagem estaria no baixo custo, possibilitando ampla aplicação por grupos distribuídos por todo território nacional.

Tabela 5: Proposta de kits para monitoramento da qualidade da água (**MoniQuali**)

Constituintes	MoniQuali.1	MoniQuali.2	MoniQuali.3	MoniQuali.4
pH	X	X	X	X
Condutividade elétrica	X	X	X	X
Temperatura da água	X	X	X	X
Profundidade do disco de Secchi	X	X	X	X
Teores de oxigênio dissolvido	X	X	X	X
Teores de nutrientes dissolvidos (escala de cores)		X		
Teores de nutrientes dissolvidos (espectrofotométrico)			X	X
Teores de clorofila			X	X
Rede para coleta de fitoplâncton - análise qualitativa			X	X
Colimetria - Colilert®				X
Testes de toxicidade – ovos de <i>Danio rerio</i>				X

A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicativo da possibilidade da existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar e cólera (MMA, 2004), o que impõe a necessidade do seu acompanhamento nos estudos de qualidade da água (**MoniQuali.4**). Tipicamente, o teste discrimina os coliformes e *Escherichia coli* pela determinação do número mais provável pelo método dos tubos múltiplos, baseado na fermentação da lactose com produção de ácido e gás dentro de 48 horas. Os tubos presumivelmente positivos requerem confirmação extra em 24 a 48 horas e a *E. coli* é detectada com o mesmo método, mas muitas vezes pelo emprego de temperaturas mais elevadas, diferentes formulações de meio e um teste para a produção de indol (ECKNER, 1998). Além deste tradicional método, o método que emprega o reagente Colilert®, da IDEXX, sugerido para compor o **MoniQuali.4**, se mostra muito adequado (ECKNER, 1998; IDEXX, 2009).

No **MoniQuali.4** sugere-se o ensaio com os ovos de *Danio rerio* (Cypriniformes, Cyprinidae), o “zebrafish”. Os ensaios ecotoxicológicos com este organismo possuem diversas vantagens:

- 1) a facilidade na obtenção de indivíduos adultos férteis;
- 2) a fácil manutenção dos espécimes em laboratório;
- 3) sua rápida reprodução;
- 4) a facilidade e o grande número de ovos que podem ser obtidos durante o ano todo;
- 5) a transparência dos ovos e das larvas recém emersas, que facilitam o acompanhamento do desenvolvimento por microscopia ótica;
- 6) há vastas informações literárias fornecidas por diversos estudos de campo, de genética molecular, neurobiologia, biologia de vertebrados, etc. que utilizaram essa espécie, inclusive estudo toxicidade de contato com sedimentos.

Além destes fatores, os testes com *Danio rerio* têm curto período de duração (48 horas), são relativamente baratos e simples na aplicação (HOLLER et al., 2003; NAGEL, 2002). Também possui boa resposta a contaminantes em sedimento, pois os ovos ficam em contato direto com ele durante o teste e o ensaio simula condições reais de exposição, conseqüentemente, possui grande relevância ecológica.

Relativo à equipe, é importante considerar o oferecimento de treinamento sobre técnicas de coleta a campo e de análises em laboratório, reforçando cuidados na preservação das amostras, na identificação do fitoplâncton, na análise de dados e sobre limnologia geral, com base em aulas

teóricas e práticas. Deste modo, será possível assegurar a confiabilidade dos dados obtidos e das discussões e conclusões geradas.

O kit também deve ser acompanhado de ao menos dois manuais. O primeiro, de cunho mais técnico, deverá apresentar informações sobre os procedimentos para a coleta e preservação das amostras e sobre os procedimentos de manutenção e calibração dos equipamentos incluídos, por exemplo. Já o segundo manual, mais teórico, apresentará considerações sobre ecologia de ecossistemas aquáticos continentais e cópias de Resoluções e legislações ambientais pertinentes. Também é aconselhável uma listagem de publicações para leituras complementares.

No momento da discussão de dados, é pertinente apresentar considerações sobre a trofia e a conformidade da massa de água segundo a resolução CONAMA n° 357/05. É fato que os kits propostos não cobrem todos os objetivos de monitoramento. Entretanto, seu valor reside no seu amplo emprego por inúmeros grupos e de maneira expedita, permitindo constituir uma rede de monitoramento distribuída em todo território nacional.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Política Nacional de Recursos Hídricos considera a água um bem de domínio público, um recurso natural limitado, com uso prioritário para o consumo humano e a dessedentação de animais. Também assegura a disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem naturais ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais (BRASIL, 1997).

Apesar destas preocupações, apenas nove unidades da Federação (Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia, Pernambuco e Amapá) possuem sistemas de monitoramento da qualidade da água considerados ótimos ou muito bons, cinco estados possuem sistemas bons ou regulares e treze têm sistemas fracos ou incipientes (MMA/SRH, 2002 apud PNRH, 2006). Esse levantamento considerou a porcentagem das bacias hidrográficas monitoradas, os tipos de parâmetros analisados, a frequência de amostragem e a forma de disponibilizar a informação. Compreendendo os estados que possuem monitoramento, há 1.566 pontos de amostragem em todo Brasil, analisando de 3 a 50 parâmetros, dependendo da unidade da Federação. A periodicidade no monitoramento também é diversificada. No Amapá são efetuadas duas amostragens e no Distrito Federal ocorrem em doze períodos no ano. Há também a Rede Hidrometeorológica Nacional, com 1.286 pontos, operada sob responsabilidade de diversas entidades. Neste caso, a periodicidade na amostragem em sua maioria é trimestral com avaliação do pH, turbidez, condutividade elétrica, temperatura, oxigênio dissolvido e vazão. Estes números apresentados pela PNRH (op cit.) deixa claro que no Brasil há muito por fazer para ampliar e melhorar a rede de monitoramento da qualidade da água superficial, principalmente nas regiões Norte e Nordeste. A PNRH (op cit.) reconhece que apenas a região Sudeste possui condição adequada de monitoramento. Conclui que essas limitações e diversidades regionais dificultam o diagnóstico detalhado da qualidade dos corpos de água de todo o país.

Há 91 comitês estaduais de bacias e 6 comitês federais (ABERS; JORGE, 2005) no Brasil. Os comitês são fóruns privilegiados de deliberação, com representação do poder público, usuários e sociedade civil. As agências, seus braços executivos, de apoio técnico e administrativo, realizam a cobrança e executam os projetos. Deveria partir dos comitês a responsabilidade pela criação de uma rede de monitoramento nacional, padronizando o número de parâmetros, a periodicidade na amostragem, a constituição da base de dados, incluindo o treinamento das equipes e definição dos equipamentos, métodos e a definição dos modelos utilizados. A precariedade da atual rede de monitoramento, compreendendo a falta de padronização e confiabilidade dos dados, impede a comparação entre os sistemas estudados.

Este quadro de deficiências permite concluir que o acompanhamento de alterações na qualidade da água por meio de kits de alto desempenho é interessante alternativa. Seu baixo custo permitirá rápida distribuição, constituindo uma ampla rede de monitoramento distribuída por todo

território nacional. Entretanto, é preciso cautela. A montagem e o emprego de kits trazem embutida a idéia de que qualquer grupo poderá obter um dado confiável. Isso nem sempre é verdadeiro. Para garantir confiabilidade na proposta de monitoramento independente, nos dados levantados e nas discussões e conclusões geradas, é necessário treinamento e experiência para delinear o programa de monitoramento, selecionar as variáveis explicativas, definir os locais e a periodicidade de medidas, por exemplo, além de experiência na interpretação e discussão dos resultados.

Com base nos objetivos definidos pelo grupo, é aconselhável que o kit seja composto para cada situação em particular. Isto é necessário, pois cada ambiente apresenta situação singular e objetivos específicos, requerendo tratamento diferenciado. Também implica que o kit ideal para determinada proposta não seja necessariamente de baixo custo. Mas é pertinente a constituição de um kit básico para amplo uso no monitoramento de todas as massas de água brasileiras, em particular da eutrofização. Neste caso, a aplicação do *MoniQuali.2* é adequada pelo seu custo benefício, no entanto, o ideal é que se empregue o *MoniQuali.4* por ser um kit de melhor desempenho e mais abrangente.

Importante etapa no controle da qualidade da água diz respeito à ampla divulgação dos resultados obtidos pela rede de monitoramento. Deste modo, a população acompanhará não só as mudanças no estado trófico dos ecossistemas aquáticos estudados, refletindo em alterações na qualidade da água, mas também terá maior subsídio para interceder junto ao poder público solicitando medidas de restauração e ações mitigatórias e/ou compensadoras para salvaguardar a qualidade e a biodiversidade aquática para usos presente e futuros. Para tanto, o emprego da Internet como instrumento de divulgação, discussão e treinamento deve ser preceito básico.

O controle da qualidade da água é condição *sine qua non* para o desenvolvimento econômico e social e para a manutenção da qualidade de vida. Este controle somente é possível mediante sólidos programas de monitoramento.

AGRADECIMENTOS

A Fundación Maphre (Sucursal Brasil) e Fapesp (02/13376-4, 04/03487-9 e 06/51705-0).

REFERÊNCIAS

- ABERS, R.; JORGE, K. D. Descentralização da gestão da água: por que os comitês de bacia estão sendo criados? *Ambiente & Sociedade*, v. 3, n. 2, p. 1-26, 2005.
- ARAGÃO, M. A.; ARAÚJO, R. P. A. Métodos de toxicidade com organismos aquáticos. In: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. (Eds.) *Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações*. São Carlos: RiMa, 2006. p. 117-152.
- ARANA, L. V. **Princípios químicos de qualidade da água em aquíicultura**. Florianópolis: UFSC, 1997. 166 p.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado, 1988.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (1997). Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 09 jan. 1997.
- CALIJURI, M. C.; OLIVEIRA, H. T. Manejo da qualidade da água: uma abordagem metodológica. In: CATELLANO, E. G.; CHAUDHRY, F. H. (Eds.). **Desenvolvimento sustentado: problemas e estratégias**. São Carlos: EESC-USP, 2000. p. 39-58.
- CAMPOS, J. R. Alternativas para tratamento de esgotos. In: CATELLANO, E. G.; CHAUDHRY, F. H. (Eds.). **Desenvolvimento sustentado: problemas e estratégias**. São Carlo: EESC-USP, 2000. p. 87-106.
- CARDOSO-SILVA, S. **Metais-traço em sedimentos do reservatório Paiva Castro (Mairiporã- São Paulo): histórico por meio da geocronologia do 210 Pb, biodisponibilidade e uma proposta para a gestão dos recursos hídricos**. 2013. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.*, v. 22, n. 2, p. 361-369, 1977.

- CARMOUZE, J. P. **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos**: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. São Paulo: FAPESP, 1994. 253 p.
- CHASIN, A. A. M.; PEDROZO, F. A. O estudo da toxicologia. In: AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. (Coords.). **As bases toxicológicas da ecotoxicologia**. São Carlos: RiMa, 2003. p. 127-165.
- CHAUDHRY, F. H. Aproveitamento de recursos hídricos. In: CATELLANO, E. G.; CHAUDHRY, F. H. (Eds.). **Desenvolvimento sustentado**: problemas e estratégias. São Carlos: EESC-USP, 2000. p. 27-37.
- CLARKE, R. T.; SILVA DIAS, P. L. **As necessidades de observação e monitoramento dos ambientes brasileiros quanto aos recursos hídricos**: versão 1.0 (preliminar). Brasília: CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos/CT-Hidro – Fundo Setorial de Recursos Hídricos, 2003. 41 p.
- CMR. COMISIÓN MUNDIAL DE REPRESAS. **Represas y desarrollo**: un nuevo marco para la toma de decisiones. Cape Town: Comisión Mundial de Represas, 2000. 404 p. (Reporte Final).
- CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.
- ECKNER, K. F. Comparison of membrane filtration and multiple-tube fermentation by the Colilert and Enterolert methods for detection of waterborne coliform bacteria, *Escherichia coli*, and Enterococci used in drinking and bathing water quality monitoring in Southern Sweden. **Appl. Environm. Microbiol.**, v. 64, n. 8, p. 3079-3083, 1998.
- ESTEVES, F.A. Considerações sobre a aplicação da tipologia de lagos temperados a lagos tropicais. **Acta Limnol. Bras.** v.2, p.3-38, 1988.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência/INEP, 2011. 602 p.
- GOLDMAN, C. R.; HORNE, A. J. **Limnology**. New York: McGraw-Hill, 1983. 464 p.
- GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1978. 213 p. (I.B.P. Handbook, 8).
- HENDERSON-SELLERS, B.; MARKLAND, H. Z. **Decaying lakes**: the origins and control of cultural eutrofication. New York: Wiley, 1987. 254 p.
- HENRY, R. **Estrutura especial e temporal do ambiente físico e químico a análise de alguns processos ecológicos na represa de Jurumirim (Rio Paranapanema, SP) e na sua bacia hidrográfica**. 1990. 242 p. (Livre Docência) – Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu, 1990.
- HENRY, R.; NOGUEIRA, M. G.; POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. Annual and short-term variability in primary productivity by phytoplankton and correlated abiotic factors in the Jurumirim Reservoir (São Paulo, SP). **Braz. J. Biol.**, São Carlos, v. 66, n. 1B, p. 239-261, 2006.
- HOLLERT, H.; KEITER, S.; KONIG, N.; RUDOLF, M.; ULRICH, M.; BRAUNBECK, T. A new sediment contact assay to assess particle-bound pollutants using zebrafish (*Danio rerio*) embryos. **J. Soils & Sediments**, v. 3, n. 3, p. 197-207, 2003.
- ICHIMURA, A. S. Phytoplankton photosynthesis. In: JAKSON, D. F. (ed.). **Algae, man and the environment**. New York: Syracuse University, 1968. p. 38-52.
- IDEXX LABORATORIES. **Colilert® reagent**: Coliform / *E. coli* results in 24 hours. Disponível em: <<https://www.idexx.com/water/products/colilert.html>>. Acesso em: 01 nov. 2014.
- JACKSON, J.; EDER, T. O papel do público no gerenciamento de lagos: a experiência dos grandes lagos. In: HASHIMOTO, M. (Ed.). **Diretrizes para o gerenciamento de lagos**. Otsu: ILEC, 1995. 234 p.
- KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K. (Ed.). **Methods of seawater analysis**. New York: Verlag Chemie, 1976. p. 117-181.
- LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos d'água de estado de São Paulo**: avaliação os métodos de monitoramento. 2004. 238 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

- LAMPERT, W.; SOMMER, U. **Limnology: the ecology of lakes and streams**. New York: Oxford University, 1997.
- LEAF, S. S.; CHATTERJEE, R. Developing a strategy on eutrofication. **Wat. Sci. Tech.**, v. 39, n. 12, p. 307-314, 1999.
- LIKENS, G. E. Primary production of inland aquatic ecosystems. In: LEITH, H.; WHITTAKER, R. H. (Eds.). **Primary productivity of the biosphere**. New York: Springer-Verlag, 1975. p. 185-202.
- LORENZEN, C. J. Determination of chlorophyll and phaeo-pigments: Spectrophotometric equations. **Limnol. Oceanogr.**, v. 12, n. 2, p. 343-346, 1967.
- MACEDO, C. C. L. **Heterogeneidade espacial e temporal das águas superficiais e das macrófitas aquáticas do reservatório Paiva Castro (Mairiporã-SP-Brasil)**. 2011. 124 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista - UNESP, Sorocaba, 2011.
- MACKERETH, J. F. H.; HERON, J.; TALLING, J. F. **Water analysis: some revised methods for limnologists**. Cumbria: Freshwater Biological Association, 1978. 121 p.
- MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona: Omega, 1983. 1010 p.
- MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Aperfeiçoamento do monitoramento da qualidade das águas da Bacia do Alto Curso do Rio das Velhas**. Brasília: Ministério do Meio ambiente, 2004. 147 p. (Relatório 2). Disponível em: <<http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/downloads/persf/pnma/RELATORIOPNMA2003FINAL.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2009.
- NAGAKAMI, K. I. Grupos de interesse envolvidos com o uso de recursos / meio ambiente hídrico. In: HASHIMOTO, M. (Ed.). **Diretrizes para o gerenciamento de lagos**. Otsu: ILEC, 1995. p. 26-34.
- NAGEL, R. DarT: the embryo test with the zebra fish *Danio rerio*: a general model in ecotoxicology and toxicology. **Altex**, v. 19, n. suppl. 1, p. 38-48, 2002.
- NAKAMURA, M. **Lake Biwa: have sustainable development objectives been met? Lake Biwa comprehensive development project**. Japão: NITC/ JICA/ ICETT, 1999. 62 p.
- PARANHOS, R. **Alguns métodos para análise da água**. Rio de Janeiro: Cadernos Didáticos -UFRJ, 1996, 200 p.
- PNRH. PLANO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. v. 1.
- PNUD. PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **A água para lá da escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água**. New York: Organização das Nações Unidas, 2006. (Relatório do Desenvolvimento Humano).
- POMPÊO, M. L. M.; CARDOSO-SILVA, S.; MOSCHINI-CARLOS, V. A deterioração da qualidade das águas continentais brasileiras: o processo de eutrofização. **Saneas**, v. 21, n. 2, p. 24-28, 2005.
- REID, W.; BARBER, C.; MILLER, K. **Estratégia global para la biodiversidade: guia para quines toman decisiones**. Washington: Instituto de Recursos Mundiales –WRI/Union Mundial para la Naturaleza-UICN/Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente-PNUMA, 1992. 40 p.
- RIVERA, I. N. G.; MARTINS, M. T. Bactérias enteropatogênicas no ambiente aquático. **Rev. Ciênc. Farm.**, v. 17, p. 115-136, 1996.
- ROBERTO, R.; ABREU, R. M. Utilidade dos indicadores de qualidade das águas. **Ambiente**, v. 5, n. 1, p. 47-51, 1991.
- SAKAMOTO, M. The chlorophyll amount in the eutrophic zone some japanese lakes and its significance in the photosynthetic production of phytoplankton communities. **Bot. Mag.**, London, v. 29, p. 932-933, 1966.
- SALAS, H. J.; MARTINO, P. **Metodologias simplificadas para la evaluation de eutrofication em lagos calidos tropicales**. Washington: CEPIS, 1990.
- SEMA. SECRETARIA DO ESTADO DO MEIO AMBIENTE. **Conceitos para se fazer educação ambiental**. São Paulo: Secretaria do Estado e Meio Ambiente, 1994. 84 p.

SOUZA L. C.; IARIA S. T.; PAIM G. V.; LOPES, C.A.M. Bactérias coliformes totais e coliformes de origem fecal em águas usadas na dessedentação de animais. **Rev. Saúde Pública**, v. 17, n. 2, p. 112-122, 1983.

STRICKLAND, J. D.; PARSONS, T. R. A. A manual of seawater analysis. **Bull. Fish. Res. Bel. Can.**, v. 125, p. 1-185, 1960.

TOLEDO JR, A. P.; TALARICO, N.; CHINEZ, S. J.; AGUDO, E. G. Aplicação de modelos simplificados para avaliação de processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 12., 1983, Camboriú. **Anais...** São Paulo: CETESB, 1983. p. 1-34.

TUNDISI, J. G. Represas artificiais: Perspectivas para o controle e manejo da qualidade da água para usos múltiplos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 4., 1985, FORTALEZA. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1985. p. 36-59.

UTERMÖHL, H. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik. **Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol**, v. 9, p. 1-38, 1958.