CAPÍTULO 5

*Parâmetros Físicos e
Químicos de Qualidade
na Coluna D'Água
de Riachos Urbanos*

CAPÍTULO 5

Estação 2:

DOI: 10.17648/ufmg-monitoramento2019-5

Parâmetros Físicos e Químicos de Qualidade na Coluna D'Água de Riachos Urbanos

Juliana Silva França & Marcos Callisto

CONCEITOS-CHAVE

- 5.1 Impacto Ambiental:** alteração ou efeito ambiental, de origem negativa ou positiva, relacionado, especialmente, a atividades humanas.
- 5.2 Monitoramento Ambiental:** processos e estudos realizados para caracterizar a qualidade de ecossistemas e monitorar, ao longo do tempo, mudanças ambientais decorrentes de atividades humanas.
- 5.3 Parâmetros físicos:** características físicas utilizadas para apoiar a definição ou classificação de qualidade de um ecossistema aquático.
- 5.4 Parâmetros químicos:** características químicas de um determinado ecossistema aquático que sustentam a sua definição ou classificação de qualidade frente à legislação ambiental.

Chegamos a este ponto com uma grande certeza em relação à nossa leitura: a água é um recurso extremamente importante para nós e todos os demais seres vivos no planeta Terra. Vimos discutindo, ao longo do Módulo I, sua importância ecológica e o quanto as nossas ações podem influenciar a sua qualidade e, em consequência, o nosso bem-estar. A partir deste Módulo II, tentaremos abordar formas de você e seus estudantes terem informações embasadas cientificamente sobre a qualidade ecológica da água em ecossistemas aquáticos e sobre as bacias hidrográficas nas quais estão inseridos. Portanto, este Capítulo 5 apresenta uma nova forma de avaliar o ecossistema aquático, através de um Método Científico, onde esperamos desenvolver ações em busca do conhecimento sobre a qualidade ecológica de águas urbanas das quais somos usuários e esperamos nos tornar protetores ativos. Que continuemos nossa experiência científica!

As influências humanas no entorno alteram a qualidade ecológica da água?

O termo impacto ambiental parece familiar a você? É possível que sim, visto que temos tratado deste assunto, inclusive ao longo deste livro, com alguma frequência, envolvendo os ecossistemas terrestres e aquáticos. IMPACTO AMBIENTAL é definido pela legislação brasileira (Resolução CONAMA 01/1986) como “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas, biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante de atividades humanas que afetem, diretamente ou indiretamente: a) a saúde, a segurança, e o bem estar da população; b) as atividades sociais e econômicas; c) a biota; d) as condições estéticas e sanitárias ambientais; e) a qualidade dos recursos ambientais”.

Você concorda que estamos discutindo justamente as diversas formas de impacto ambiental ao longo dos capítulos anteriores e, como toda a estrutura física, química e biológica dos ecossistemas aquáticos pode ser negativamente influenciada por atividades humanas? Pois bem, acabamos de discutir no Capítulo 4, inclusive, sobre as influências do entorno nos ecossistemas aquáticos. A ocupação urbana desordenada (aglomerações humanas), a agricultura e pecuária (provisão de alimento); o desenvolvimento industrial (tecnologias)

têm como principal consequência o incremento de impactos ambientais, especialmente os negativos. A implicação destas atividades impactantes no entorno dos ecossistemas aquáticos tem sido a perda de qualidade ecológica das águas e, conseqüente, da diversidade de espécies de organismos aquáticos. Através do conhecimento adquirido sobre Ecologia Aquática, não é difícil entendermos esta relação entre os meios físico, químico e biológico. Atividades humanas realizadas no entorno de ecossistemas aquáticos são responsáveis por mudanças nos processos ecológicos de ciclagem de nutrientes, produção, consumo e decomposição de matéria orgânica, e fluxo de energia. A partir de então, estamos trabalhando em busca de metodologias para avaliar estas influências nos ecossistemas aquáticos das bacias hidrográficas em que vivemos. E, então, novamente, perguntamos: vocês estariam interessados em monitorar riachos, rios ou lagoas na região em que vivem? Vocês concordam que já começamos a trabalhar esta questão no Capítulo 4, quando abordamos avaliações de impactos locais e regionais? Nossa abordagem anterior foi intensamente relacionada aos aspectos dos habitats físicos, ou seja, da manutenção das condições ideais do entorno para a estrutura e funcionamento adequados de ecossistemas aquáticos. Que tal começarmos a pensar em como e quanto as influências destes impactos podem modificar física e quimicamente o meio aquático ou, mais especificamente, o local de “residência” dos organismos aquáticos, salientando a importância da manutenção da qualidade das águas?

Com base nesta nova perspectiva, nós convidamos vocês a desenvolver em sua escola um projeto de “Monitoramento Ambiental Participativo”.

Os MONITORAMENTOS AMBIENTAIS são definidos como o conhecimento e acompanhamento sistemático da situação de recursos naturais nos meios abiótico e biótico, visando à recuperação, à melhoria ou à manutenção da qualidade ambiental. Neste contexto, a qualidade ambiental está relacionada ao controle de variáveis ambientais que se alteram, seja em função de atividades humanas, seja em função de transformações naturais. Eventos catastróficos como abalos sísmicos, terremotos, tsunamis, erupções vulcânicas e rompimento de barragens, p. ex. ocorrem esporadicamente e causam muitos impactos negativos e imprevisíveis nos ecossistemas.

Quando sugerimos que, a partir de nosso Módulo II, sejam desenvolvidas atividades práticas que possibilitem participação ativa na busca pela melhoria de qualidade ecológica de águas urbanas, buscamos propor a execução de um monitoramento ambiental participativo. Neste caso, nossas metodologias de avaliação de ecossistemas aquáticos, ou monitoramento ecológico de qualidade de águas, ajudarão na avaliação da situação atual dos recursos hídricos de seu interesse, bem como no acompanhamento de possíveis alterações devido a atividades humanas. Além disso, vocês poderão discutir e elaborar propostas para a gestão, recuperação ou manutenção de qualidade ecológica. Pensando dessa forma, vocês serão capazes de discutir qual a situação atual do entorno destes ecossistemas, com base nas metodologias de avaliação local e regional, desenvolvidas no capítulo anterior. Agora, nossa proposta é que vocês sejam capazes de relacionar, através da avaliação de parâmetros físicos e químicos de coluna d'água, o quanto

estas interferências locais e regionais afetam os ecossistemas aquáticos. Que tal começarem a imaginar esta influência sobre a água através das Figuras 5.1 e 5.2?

Mínima Perturbação

Córrego Mascates, Parque Nacional da Serra do Cipó (MG)

Perturbação Moderada

Rio das Velhas, Lagoa Santa (MG)

Alta Perturbação

Córrego Joões, Belo Horizonte (MG)

Figura 5.1 – Avaliação visual de modificações em ecossistemas aquáticos devido à influência de atividades humanas no entorno: (A) condição de “mínima perturbação” ou, condição de referência; (B) condições de “moderada perturbação” ou, ecossistema alterado; (C) condições de “alta perturbação” ou, ecossistema impactado.

Figura 5.2 – Modificações visuais em amostras de água coletadas em ecossistemas sob influência de atividades humanas no entorno, onde (A) condição de “mínima perturbação” ou, condição de referência; (B) condições de “moderada perturbação” ou, ecossistema alterado; (C) condições de “alta perturbação” ou, ecossistema impactado.

As Figuras 5.1 e 5.2 ilustram, visualmente, como modificações por atividades humanas no entorno de ecossistemas aquáticos alteram a coluna d’água e suas características ecológicas. Nestas figuras, podemos associar a mínima perturbação com ecossistemas em condições de referência, onde não há desmatamento de mata ciliar nem despejo de efluentes domésticos ou industriais, como discutido no Capítulo 4. Os ecossistemas sob moderada perturbação por atividades humanas são aqueles influenciados, principalmente, por mudanças nos usos da terra (agricultura, pasto), pelo desmatamento de matas ciliares e consequente assoreamento de cursos d’água, levando ao aumento do transporte de sedimentos finos na coluna d’água e coloração amarronzada (águas barrentas). Em situações mais extremas, em ecossistemas altamente perturbados por atividades humanas, são lançados efluentes não tratados (esgotos domésticos, industriais, depósitos de lixo bruto, agrotóxicos e pesticidas, entre outros) e observamos que as águas têm coloração turva ou cinza. Estes ecossistemas altamente perturbados estão sob influência de excesso de nutrientes e outros materiais sólidos em suspensão advindos de influência humana. Os exemplos da Figura 5.2 são, inclusive, águas de rios no estado de Minas Gerais, no trecho alto da bacia do rio São Francisco, onde podemos observar intensa modificação da coluna d’água. Mas, quanto esta modificação visual evidencia as alterações físicas e químicas no meio aquático? Vocês conseguem imaginar que há diferença na composição física e química das águas nestes exemplos?

De qualquer forma, antes de partir para relacionar as interferências do entorno com a qualidade química e física de águas urbanas, é importante que tenhamos em mente a relação com os organismos aquáticos (meio biótico) que serão influenciados diretamente por estas mudanças. Que tal começarmos a entender esta relação: qualidade física e química de águas *versus* comunidades aquáticas? Vamos falar um pouco mais sobre “qualidade ecológica de águas urbanas”.

Com base em seus conhecimentos de Química, você deve lembrar que a água é uma substância formada por dois átomos de hidrogênio e um átomo de oxigênio (H_2O), porém, o conceito de “qualidade de água” é muito mais amplo do que a simples caracterização deste recurso por sua fórmula molecular. Devido às suas propriedades de solvente universal e à sua capacidade de transportar partículas, o meio aquático é capaz de incorporar diversas substâncias, inclusive impurezas, as quais definem a sua qualidade. A qualidade da água é tanto resultante de fenômenos naturais, quanto pode ser consequente de degradação por atividades humanas. De uma maneira geral, pode-se dizer que a qualidade de um determinado ecossistema aquático reflete o uso da terra em sua bacia hidrográfica. As características de qualidade de águas podem ser traduzidas na forma de parâmetros ou medidas físicas ou químicas de coluna d’água. E, para apoio à nossa nova metodologia, vamos incrementar o arcabouço teórico a respeito de algumas dessas medidas. É hora de entendermos algumas características da coluna d’água em um ecossistema aquático. Começaremos pelos PARÂMETROS FÍSICOS.

Que tal pensarmos na importância e na influência da temperatura em um ecossistema aquático? Diferentes espécies possuem adaptações a limites de temperatura, o que confere a este fator uma grande importância ecológica. Os seres vivos são capazes de se manter em condições adequadas de amplitude térmica, não persistindo nem acima nem abaixo de um determinado limite. Dessa forma, as espécies toleram variações de temperatura e conseguem sobreviver dentro de um limite máximo e mínimo. Assim, podemos dizer que cada espécie possui um limite de tolerância para variações de temperatura que permitem manter suas atividades vitais. É sabido que alguns organismos suportam grande amplitude térmica (ampla diferença entre temperatura mínima e máxima), enquanto outros sobrevivem entre limites estreitos de temperatura (pequena diferença entre temperaturas mínima e máxima). As diferenças entre valores de temperatura devido a fatores climáticos, de localização geográfica, ao longo do dia ou entre as estações do ano, influenciam de forma direta a estrutura de comunidades biológicas em ecossistemas aquáticos. Do mesmo modo, a temperatura pode influenciar vários parâmetros químicos, tais como o oxigênio dissolvido e o pH (potencial hidrogeniônico) e, desta forma interferir também na qualidade ecológica da água para os organismos vivos. Atividades humanas podem ser responsáveis por mudanças na temperatura da água. P. ex. a remoção de matas ciliares (perda de cobertura vegetal e sombreamento, aumento de insolação) e despejos industriais (águas quentes) podem resultar em impactos negativos para os ecossistemas aquáticos. Para sua mensuração em ecossistemas aquáticos, utilizamos no Brasil a escala Celsius (°C).

Além da temperatura, outro parâmetro físico utilizado para avaliar qualidade ecológica de águas é a *turbidez*. A turbidez representa a propriedade óptica de absorção e reflexão da luz sendo, portanto, afetada pela presença de partículas em suspensão. A turbidez altera a entrada de luz solar no ecossistema aquático. O aumento da turbidez na coluna d'água será influenciado diretamente pela presença, p. ex. de argila, areia fina, material mineral, resíduos orgânicos, plâncton e outros organismos microscópicos, alterando a penetração da luz. O aumento da entrada de partículas ocorrerá, principalmente, por remoção de mata ciliar (erosão e assoreamento) ou lançamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento. Com a diminuição da incidência de luz do sol, como já discutimos no Capítulo 2 na sessão de "eutrofização artificial", a fotossíntese será reduzida pelos seres autótrofos, afetando a disponibilidade de oxigênio dissolvido no ecossistema aquático, e influenciando diretamente toda a biota aquática. Entretanto, não se pode relacionar unicamente a turbidez com impactos de atividades humanas, pois são inúmeros os fatores que interferem na coloração da água, incluindo origem geológica e entrada de matéria orgânica vegetal, por exemplo. Porém, medir a turbidez da água em Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT) é um importante indicativo de impacto direto de atividades humanas em ecossistemas aquáticos.

A influência de modificações em parâmetros físicos na diversidade biótica, com base em nossos exemplos, é apresentada na Figura 5.3.

Figura 5.3 – Perda da diversidade aquática por modificações em parâmetros físicos como temperatura e turbidez, influenciados por atividades humanas.

Além desses, outros parâmetros físicos devem ser mensurados pois podem mudar as características do ecossistema aquático, incluindo cor, odor, sabor, condutividade elétrica e presença de sólidos totais dissolvidos. E, dependendo das ferramentas que tenha acesso em sua pesquisa, você incluirá estes fatores em sua metodologia científica. Nós, porém, vamos avançar em nosso arcabouço teórico e continuaremos nossa leitura abordando, a partir de agora, exemplos de PARÂMETROS QUÍMICOS na coluna d'água.

Vamos iniciar nossa discussão pelo oxigênio (O_2), sem dúvida, um importante gás dissolvido na água. O oxigênio dissolvido (OD) é um dos mais importantes parâmetros de caracterização de ecossistemas aquáticos. Suas principais fontes são a difusão da atmosfera e a fotossíntese. No ambiente aquático, por outro lado, o oxigênio dissolvido é usado na respiração de organismos aquáticos aeróbios e na decomposição de matéria orgânica. Mudanças em parâmetros físicos, como temperatura e perda de luminosidade, podem influenciar a utilização e produção de oxigênio nos ecossistemas aquáticos. Não restam dúvidas da importância deste gás para a manutenção dos organismos aquáticos aeróbicos, uma vez que dependem dele para sua respiração. As concentrações de oxigênio dissolvido podem ser influenciadas por modificações no leito dos rios, como a perda de vazão e, conseqüente, perda de oxigenação; pela perda de luminosidade e diminuição da produção primária por seres autótrofos ou, ainda, pela entrada em excesso de matéria orgânica oriunda de efluentes como esgotos domésticos e/ou industriais. Suas concentrações são, normalmente, determinadas em miligramas por litro (mg/L) ou porcentagem (%) de saturação.

O *potencial hidrogeniônico* (pH) é outro importante parâmetro a ser avaliado. O pH indica o nível de acidez ou basicidade de uma solução. Sua escala varia de 1 a 14, onde o valor 7 é considerado neutro. Desta forma, soluções com valores de pH menores do que 7 são ácidas e soluções com valores maiores do que 7 são básicas. A acidez está relacionada à presença de íons H^+ , enquanto a basicidade à de íons OH^- , sendo que a variação de valores de pH ocorre em escala logarítmica. O pH tem influência direta sobre o equilíbrio químico em ecossistemas aquáticos, que é indispensável para a manutenção das espécies. Além disso, alguns organismos são melhor adaptados ao meio ácido, enquanto outros vivem em meio básico. Portanto, o pH da água é determinante na composição de espécies e estrutura de comunidades biológicas em ecossistemas aquáticos. Variações nesse parâmetro são ocasionadas, geralmente, por consumo e também por produção de dióxido de carbono (CO_2), por todos os organismos fotossintetizadores e pelos fenômenos de respiração ou fermentação, produzindo ácidos fracos. A quantidade de matéria orgânica morta a ser decomposta também influencia os valores de pH. Ainda, o pH pode ser influenciado pela remoção de matas ciliares nas margens de um rio ou por lançamentos irregulares de esgotos domésticos ou industriais, com influência de substâncias que modifiquem a composição química do meio aquático. Muitas vezes modificações bruscas de pH podem indicar efeitos negativos de atividades humanas no entorno (p. ex. despejo ilegal de efluentes ácidos ou básicos por indústrias). Não há um “pH ideal” para ecossistemas aquáticos continentais visto que, dependendo da origem geológica e da quantidade de matéria orgânica oriunda do uso da terra no entorno, podemos encontrar águas com pH ácido ou básico (Figura 5.4).

Figura 5.4 – Perda da diversidade aquática por modificações em parâmetros químicos como oxigênio dissolvido e pH, influenciados por atividades humanas.

Como discutimos no Capítulo 2, outros dois importantes elementos químicos fazem parte do metabolismo de ecossistemas aquáticos: o fósforo e o nitrogênio. Falaremos um pouco sobre cada um deles a partir de agora e do quanto seu incremento em ecossistemas aquáticos pode indicar que houve influência urbana, principalmente devido ao lançamento de esgotos sem tratamento. E iniciaremos falando do fósforo.

O *fósforo* (P) é um elemento natural em ecossistemas aquáticos, sendo o principal limitante do crescimento vegetal. Nestes ecossistemas é encontrado na forma orgânica (fosfato) e inorgânica (ortofosfatos e polifosfatos). A entrada de fósforo nos ambientes aquáticos se dá pelo lançamento de esgoto sem tratamento (contendo, p. ex. detergentes e fezes); pela entrada de fertilizantes em áreas agrícolas; e pelo despejo de indústrias químicas (fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios). Como o nitrogênio tem uma maior quantidade de fontes, seu controle se torna mais difícil, especialmente por sua fixação atmosférica, tornando o fósforo um melhor investimento no controle da eutrofização artificial (ver Capítulo 2).

E, agora, falaremos do outro importante nutriente para os ecossistemas aquáticos, o nitrogênio. O *nitrogênio* (N) é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos e, o gás mais abundante na atmosfera, na forma de N_2 . Naturalmente está presente nos ecossistemas aquáticos, sendo, na maioria das vezes, um elemento limitante à produção primária e secundária e indispensável para o crescimento de algas. Nestes ecossistemas ele é encontrado na forma orgânica (nitrogênio orgânico) e inorgânica (nitrato, nitrito, amônia). As principais fontes de nitrogênio para os ecossistemas aquáticos continentais são a fixação biológica (bactérias e algas), a fixação abiótica (descargas elétricas), as chuvas, o aporte orgânico e inorgânico (lixiviação terrestre). Normalmente, o excesso deste nutriente em ecossistemas aquáticos está relacionado à entrada de esgotos sem tratamento, com o incremento de proteínas e ureia; à entrada de fertilizantes em áreas agrícolas, e ao despejo de indústrias químicas (petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, de conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e curtumes). Com a entrada de nitrogênio em excesso, juntamente com o fósforo, é desencadeado o processo de eutrofização artificial ou antrópica, como discutido no Capítulo 2. O nitrogênio orgânico e o nitrogênio amoniacal (amônia) são formas reduzidas e o nitrito e o nitrato são formas oxidadas. Pode-se associar o tempo de poluição relacionando às formas de nitrogênio, ou seja, amostras de água de um ecossistema altamente perturbado, com predominância de formas reduzidas de nitrogênio, significam que o foco de poluição se encontra próximo. Caso prevaleçam as formas oxidadas nas amostras, ao contrário, isto significa que as descargas de efluentes localizam-se distantes (Figura 5.5).

Figura 5.5 – Perda da diversidade biológica por modificações em parâmetros químicos como fósforo, nitrogênio e oxigênio dissolvido, influenciados por degradação humana: onde (A) condição de “mínima perturbação”; (B) condições de “perturbação moderada”; (C) condições de “alta perturbação”. O tamanho e sentido das setas indica o aumento na concentração (setas maiores e direcionadas para o alto) e/ou diminuição na concentração (setas menores e para baixo) de parâmetros de qualidade de água.

E a “pergunta que não quer calar”: como podemos utilizar todas estas informações para discutir com os nossos representantes e políticos, a melhoria de qualidade de águas urbanas da nossa região? Se mensurarmos a turbidez, o oxigênio dissolvido e os teores de fósforo e de nitrogênio em ecossistemas aquáticos de nossa região, como avaliaremos os resultados? A legislação ambiental brasileira, especificamente a Resolução CONAMA 357, de 2005, estabelece valores máximos aceitáveis para diferenciar parâmetros físicos e químicos e, classifica as águas quanto ao seu uso. Antes de explicarmos melhor esta classificação de águas, é importante dizer que temos no Brasil ótimas leis ambientais, mas ainda precisamos conhecê-las melhor e torná-las nossas aliadas nas ações de participação pública. E, para qualidade de águas, vamos conversar e entender um pouco sobre nossa legislação.

Você já ouviu falar em CONAMA? Se tiver uma ótima memória vai se lembrar de que utilizamos essa abreviatura no início deste Capítulo, quando definimos impacto ambiental. E, também, acabamos de citá-la no parágrafo anterior. Mas afinal, o que quer dizer esta sigla? O CONAMA é a abreviação para “Conselho Nacional do Meio Ambiente”, criado por uma Lei Federal brasileira (Lei nº 6.938), em 1981. Este é o órgão responsável pela adoção de medidas de consulta e deliberações do Sistema Nacional do Meio Ambiente, composto por representantes dos governos federal, estadual e municipal, empresários, organizações não governamentais (ONG's) e demais integrantes da sociedade civil organizada. Para a determinação de padrões de qualidade de água, este Conselho estabeleceu no dia 17 de março de 2005 a Resolução CONAMA 357 que classifica os corpos hídricos em cinco classes (Especial, 1, 2, 3 e 4) com base em suas características químicas, físicas e biológicas considerando seus usos. Esta classificação determina desde águas de ótima qualidade (Especial e Classe 1), boa qualidade (Classe 2) até qualidade regular a ruim (Classes 3 e 4). Com base em parâmetros físicos, químicos ou biológicos, você pode comparar a qualidade das águas de sua bacia hidrográfica com os valores limites estabelecidos (fora dos quais indica que atividades humanas estão gerando impactos) e determinar a classificação das águas de sua região. Parece complicado? Não se preocupe porque, na verdade, é bem mais simples do que parece. O importante agora é você saber da existência desta legislação para avaliar a qualidade das águas em sua região. Você pode acessar a Resolução CONAMA 357 no site do Ministério do Meio Ambiente do governo federal (www.mma.gov.br). E, como identificar qual seria a Classe de Águas para enquadrar um ecossistema aquático? Esta definição é baseada também na lei de alguns estados brasileiros (p. ex. São Paulo e Minas Gerais), que determinaram que o enquadramento de suas águas deveria ser, no mínimo, Classe 2. E, quais seriam os possíveis usos destas águas? As águas de Classe 2 são aquelas destinadas a: a) abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) proteção de comunidades aquáticas; c) recreação de contato primário, incluindo natação, esqui aquático e mergulho; d) irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e e) aquicultura e pesca. Parece-nos que se conseguirmos que nossas águas sejam enquadradas nesta Classe teremos bons retornos em termos de bens e serviços ecossistêmicos (ver Capítulo 1), concordam? Pois bem, vamos adotar este padrão muito em breve

pois, a partir de agora, você está convidado a dar continuidade à nossa “experiência de Método Científico”! Mãos à obra!

E, para dar continuidade ao uso do Método Científico, nada melhor que não se esquecer do nosso companheiro “Mapa Mental”. Faça um esquema com base em nossa Tabela 5.1:

Tabela 5.1 - Principais etapas do Método Científico (ver Capítulo 3), para definição do Projeto 2 “Qualidade Física e Química de Coluna D’água”.

Etapas do Método Científico		
Evidência		O que vocês observam no ecossistema aquático escolhido para pesquisa?
Pergunta		O que vocês gostariam de saber em relação à qualidade física e química das águas?
Hipótese		Que respostas vocês esperam para esta pergunta?
Previsões		O que vocês esperam que suas avaliações evidenciem através dos parâmetros físicos e químicos de coluna d’água caso as respostas previstas estejam corretas?

Agora que vocês têm suas etapas definidas para apoiar sua pesquisa, que tal apresentarmos uma metodologia também com base nas utilizadas por pesquisadores das universidades e dos centros de pesquisa? Afinal, você agora é um “jovem pesquisador” e continua contando com a influência de importantes parceiros neste processo!

Mas nunca é demais lembrar: NÃO ABANDONE SEU ARCABOUÇO TEÓRICO!

Nesta segunda proposta nosso foco de estudos será a qualidade de águas do ecossistema aquático de interesse de sua turma, com base em parâmetros físicos e químicos que discutimos ao longo deste Capítulo 5. Retornaremos, então, a campo. Não esqueça, novamente, de levar seu boné, sua garrafa de água, seu filtro solar, de usar calça comprida, blusa de malha de cor clara e sapato fechado. Separe o material listado a seguir e vamos ao riacho (com sua turma, claro!):

Material necessário para essa atividade:

- 1. Protocolo de Qualidade de Águas (Tabela 5.2)
- 2. Garrafa para coleta de água (500 mL) – opção com barbante amarrado na boca para coleta em locais de difícil acesso
- 3. Luvas para proteção
- 4. Galocha para proteção
- 5. Prancheta ou estrutura para apoio de escrita
- 6. Lápis
- 7. Borracha
- 8. Termômetro de bulbo (semelhante aos que usamos quando temos febre)
- 9. Kit colorimétrico ou aparelhos medidores de parâmetros físicos e químicos da água
- 10. Máquina fotográfica (celular) para registrar todo o trabalho em campo.

A sua avaliação será, portanto, a respeito das modificações físicas e químicas que podem afetar a qualidade ecológica de seu ecossistema aquático. Em termos de qualidade de coluna d’água, como está o estado ecológico do ecossistema aquático que sua turma selecionou? Como avaliar de forma sistemática? Por meio da mensuração de alguns parâmetros físicos e químicos importantes para a manutenção dos ecossistemas e dos organismos que lá vivem e, para isso, vocês poderão se basear na Tabela 5.2. Protocolos de qualidade de águas, como o que estamos propondo, são adaptados e terão como base de comparação os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas de Classe 2, como discutimos anteriormente neste Capítulo. Este procedimento sistemático tem como meta direcionar a sua observação para características que são importantes em termos de modificações na qualidade de um ecossistema aquático para manutenção de sua diversidade biológica e, portanto, sua estrutura natural. Esta avaliação poderá ser realizada com idas regulares a campo (períodos mensais, bimestrais,

trimestrais, por exemplo) para observar se ocorreram modificações ecológicas durante o período de sua pesquisa. Desta forma, vocês realizarão o monitoramento ambiental aquático. E sigamos em frente: Bom trabalho!

Tabela 5.2 - Protocolo de caracterização de parâmetros abióticos de coluna d'água.

Protocolo de Qualidade Ecológica de Águas			
Origem da amostra			
Classe CONAMA			
Condições Climáticas			
Data e Hora da Coleta			
PARÂMETROS	Valores mensurados	Valores recomendados Resolução CONAMA 357/2005 Águas Classe 2*	Classificaçãoem Relação à Resolução Conama
Temperatura da Água (°C)		---	
Turbidez (UNT)		até 100	😊 😞
Oxigênio Dissolvido (mg/L)		maior que 5 mg/L	😊 😞
Potencial hidrogeniônico (pH)		6 até 9	😊 😞
Fósforo (mg/L)		0,05 mg/L	😊 😞
Nitrogênio (mg/L)		2,18 mg/L	😊 😞

Se você marcou pelo menos um “emotion” insatisfeito, a água que você analisou não é Classe 2, como recomendado pela Legislação.

O protocolo acima será mais uma base metodológica na busca de confirmar a situação atual para a qualidade ecológica do ecossistema aquático avaliado. Observe que colocamos como exemplos as características físicas (temperatura e turbidez) e químicas (oxigênio dissolvido, pH, fósforo e nitrogênio) discutidas neste Capítulo, mas elas podem ser inúmeras, de acordo com as ferramentas de medição que você terá acesso em sua escola. Se sua escola, ou algum parceiro, tiver disponibilidade em utilizar aparelhos portáteis para medições em campo (p. ex. pHmetro, para pH; oxímetro, para oxigênio dissolvido; turbidímetro, para turbidez, entre outros) será uma grande vantagem. No entanto, sabemos que a maioria das escolas não terá acesso a equipamentos uma vez que os custos necessários para esse tipo de investimento são altos e sua aquisição se torna inviável. Porém, vale a pena buscar parcerias com universidades, centros de pesquisa ou escolas técnicas, caso professores e estudantes tenham acesso, para a utilização de equipamentos medidores portáteis. Existem outras opções menos dispendiosas, como papel tornassol para medidas de pH ou o método Winkler (1888), para medidas de oxigênio dissolvido,

mas que também poderão não ser de fácil acesso na escola. Propomos a utilização de kits colorimétricos, mais baratos e de fácil utilização. E como funcionam estes kits?

Os kits colorimétricos são de fácil utilização e oferecem avaliação conjunta de parâmetros físicos e químicos, além de uma gama de análises para fins educativos. A determinação dos parâmetros é definida com base em apresentação de coloração diferenciada nas amostras de acordo com os reagentes (corantes) utilizados em quantidades estabelecidas da água a ser analisada. Existe uma grande quantidade de kits colorimétricos para análises de diferentes parâmetros físicos e químicos, dependendo da abordagem do projeto, que são também utilizados em piscicultura e na manutenção de piscinas. Nós utilizaremos como padrão o kit (Ecokit II), da empresa Alfakit, (www.alfakit.com.br), especialmente proposto para atividades de educação ambiental. Dependendo dos parâmetros analisados, vocês terão os valores recomendados, disponíveis para sua consulta na Resolução CONAMA 357/2005 (www.mma.gov.br), caso não estejam definidos neste nosso Capítulo,

O kit colorimétrico normalmente é composto por frascos, reagentes e demais materiais necessários para a realização de análises em campo. Apresentaremos a seguir uma descrição das análises físicas e químicas propostas na Tabela 5.2 com o uso de nosso kit colorimétrico, utilizando água de rios urbanos. Mas, antes disso, descreveremos os primeiros passos, ainda em campo.

A primeira atividade nesta Metodologia Científica será, ainda em campo, preencher o cabeçalho da Tabela 5.2, com as informações solicitadas: a) origem da amostra (qual rio e ou qual localização vocês coletaram); b) classe CONAMA (única a ser preenchida após as análises); c) condições climáticas (sol, nublado, chuva); d) data e hora da coleta (exatamente que dia e horário de coleta da amostra de água para análise). Estas anotações serão importantes para caracterizar o ecossistema. Chuvas p. ex. podem aumentara turbidez e, o horário da coleta a temperatura da água. A Classe CONAMA, no entanto, só será definida após suas avaliações físicas e químicas completas e, então, esta classificação deverá ser a etapa final. Após as anotações, é hora da coleta de água para análise. Então, vamos aos passos metodológicos e informações importantes sobre cada um deles:

1. Coleta de amostra de água para análise (Figura 5.6)
- 1.1. deverá ser realizada diretamente no ecossistema aquático;

1.2. importante a utilização de luvas e botas ou cordões amarrados em garrafas, para que não haja contato direto com a água;

1.3. a coleta deve ser realizada contra corrente, ou seja, na direção contrária à correnteza do rio;

1.4. a água deve fluir naturalmente para dentro da garrafa evitando borbulhas ou bolhas (que podem alterar parâmetros importantes).

Figura 5.6 – Coleta de água para análises de parâmetros físicos e químicos, onde o referencial é definido contra a correnteza (de montante – nascente para jusante – foz).

Ainda em campo, vocês poderão realizar as avaliações físicas de qualidade de águas. Portanto, os passos 2 e 3 serão:

- 2. Medição de temperatura da água (C°):
 - 2.1. coloque o termômetro na água por, aproximadamente, 2 minutos. Você pode utilizar a amostra coletada (garrafa), desde que imediatamente após a coleta. Anote o valor na linha “*Temperatura da Água (°C)*”, coluna “*Valores mensurados*”.
- 3. Medição da turbidez da água (UNT) (Figura 5.7)
 - 3.1. misture a água na garrafa para que fique homogênea (movimento horário e anti-horário).
 - 3.2. recolha uma quantidade da amostra com um frasco de 10 mL, até a borda, sem derramar (kit colorimétrico).
 - 3.3. posicione o frasco sobre a imagem dos diferentes círculos (simulação de disco de Secchi¹⁾)
 - 3.4. sobre o círculo “preto e branco”, tentar visualizar as cores através da amostra de água;
 - 3.5. caso perceba diferença de cores, posicionar sobre o próximo círculo (“cinza e branco”).
 - 3.6. se a diferença de cores for percebida, a amostra possui menos que 50 UNT, caso NÃO percebida diferença de cores em algum dos círculos anteriores, anotar a UNT do círculo correspondente. Anote o valor na linha “*Turbidez (UNT)*”, coluna “*Valores mensurados*”.

(1) O disco de Secchi, desenvolvido em 1865 por Pietro Angelo Secchi, é um disco circular de cor branca (ou preto e branco), especialmente construído para estimar a transparência e o nível de turbidez de corpos de água.

Figura 5.7 – Determinação de turbidez de amostras de água de um ecossistema referência (Itabirito, MG) e de um altamente impactado (Belo Horizonte, MG).

Os próximos passos podem ser realizados em campo ou em laboratório. No nosso caso, as medidas serão realizadas em laboratório, utilizando nosso kit colorimétrico. E os nossos próximos parâmetros a serem avaliados serão os parâmetros químicos:

4. Determinação de oxigênio dissolvido:

- 4.1. Siga os passos determinados em sua ferramenta de análises. O kit colorimétrico que estamos utilizando tem um “manual de instruções” que determina a quantidade e o reagente a ser utilizado em diferentes etapas para obtenção da coloração. Após a mistura de cada um dos reagentes, com base nas quantidades indicadas no kit colorimétrico, nossa amostra apresentou uma coloração amarelada que indica a concentração de oxigênio através de um padrão de cores em mg/L (Figura 5.8).
- 4.2. Anote o valor determinado na linha “Oxigênio Dissolvido (mg/L)”, coluna “Valores mensurados”.

Figura 5.8 – Determinação de oxigênio dissolvido de amostras de água de um ecossistema referência (Itabirito/MG) e de um ecossistema impactado (Belo Horizonte/MG).

5. Determinação de pH:

- 5.1. Novamente, siga os passos determinados em sua ferramenta de análises. O kit colorimétrico que estamos utilizando tem um “manual de instruções” que determina a quantidade e o reagente a ser utilizado em diferentes etapas para obtenção da coloração. Após a mistura de cada um dos reagentes, com base nas quantidades indicadas no kit colorimétrico, nossa amostra apresentou uma coloração que varia de amarelo a vermelho e determina o seu pH (verde para neutro, vermelho para ácido e amarelo, em caso de básico) (Figura 5.9).
- 5.2. Anote o valor determinado na linha “pH”, coluna “Valores mensurados”.

Figura 5.9 – Determinação de pH de amostras de água de um ecossistema referência (Itabirito/MG) e de um altamente impactado (Belo Horizonte/MG).

6. Determinação de fósforo:

- 6.1. Mais uma vez, siga os passos determinados em sua ferramenta de análises. O kit colorimétrico que estamos utilizando tem um “manual de instruções” que determina a quantidade e o reagente a ser utilizado em diferentes etapas para obtenção da coloração. Após a mistura de cada um dos reagentes, com base nas quantidades indicadas no kit colorimétrico, nossa amostra apresentou uma coloração azulada, que determina a concentração de fósforo total através de um padrão de cores em mg/L (Figura 5.10).
- 6.2. Anote o valor determinado na linha “Fósforo (mg/L)”, coluna “Valores mensurados”.

Figura 5.10 – Determinação de fósforo de amostras de água de um ecossistema referência (Itabirito/MG) e de um ecossistema impactado (Belo Horizonte/MG).

7. Determinação de nitrogênio:

- 7.1. Mais uma vez, siga os passos determinados em sua ferramenta de análises. O kit colorimétrico que estamos utilizando tem um “manual de instruções” que determina a quantidade e o reagente a ser utilizado em diferentes etapas para obtenção da coloração. Após a mistura dos reagentes, segundo as quantidades indicadas no kit colorimétrico, nossa amostra apresentou uma coloração azul esverdeada, que determina a concentração de nitrogênio total através de um padrão de cores em mg/L (Figura 5.11).
- 7.2. Anote o valor determinado na linha “Nitrogênio (mg/L)”, coluna “Valores mensurados”.

Figura 5.11 – Determinação de nitrogênio de amostras de água de um ecossistema referência (Itabirito/MG) e de um ecossistema impactado (Belo Horizonte/MG).

As medições das Figuras 5.7 a 5.11 são reais, e apresentam dados de ecossistemas aquáticos com diferentes atividades humanas no entorno. O primeiro ecossistema fica dentro de um parque urbano e, portanto, o consideramos como referência ou como “melhor condição disponível” e, o segundo representa um ecossistema altamente impactado por urbanização. Agora, para classificarmos estes ambientes com base em seus parâmetros químicos e físicos (qualidade de águas), preencheremos a Tabela 5.2 para cada um dos ecossistemas e com base em nossas medições (Figura 5.12).

A

Protocolo de Qualidade de Águas			
Origem da água	Parque Urbano - Itabirito MG - REFERÊNCIA		
Classe CONAMA	Classe 2 - todos os parâmetros dentro do recomendado pela legislação		
Condições Climáticas	Ensolarado		
Data e Hora da Coleta	06/11/2018 às 10:00 horas		
PARÂMETROS	Valores mensurados	Valores recomendados Resolução CONAMA 357/2005 Águas Classe 2	Classificação em Relação à Resolução CONAMA
Temperatura da Água (°C)	---	---	---
Turbidez (UNT)	< 100	até 100	☒☹
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	9,0	maior que 5,0 mg/L	☒☹
pH	8,0	entre 6 e 9	☒☹
Fósforo (mg/L)	0,0	0,05 mg/L	☒☹
Nitrogênio (mg/L)	0,0	2,18 mg/L	☒☹

B

Protocolo de Qualidade de Águas			
Origem da água	Rio Urbano - Belo Horizonte MG - IMPACTADO		
Classe CONAMA	Não alcançou Classe 2, vários parâmetros fora do recomendado pela legislação		
Condições Climáticas	Ensolarado		
Data e Hora da Coleta	06/11/2018 às 08:00 horas		
PARÂMETROS	Valores mensurados	Valores recomendados Resolução CONAMA 357/2005 Águas Classe 2	Classificação em Relação à Resolução CONAMA
Temperatura da Água (°C)	---	---	---
Turbidez (UNT)	200	até 100	☺☒
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	1,0	maior que 5,0 mg/L	☺☒
pH	5,0	entre 6 e 9	☺☒
Fósforo (mg/L)	2,0	0,05 mg/L	☺☒
Nitrogênio (mg/L)	1,0	2,18 mg/L	☒☹

Figura 5.12 – Protocolo de “Qualidade de Águas” preenchido com os resultados de amostras físicas e químicas, onde (A) ecossistema em condições de referência (Itabirito/MG) e, (B) ecossistema impactado (Belo Horizonte/MG).

Estes resultados, conforme descrito nos exemplos da Figura 5.12, apoiarão na definição da classificação da qualidade das águas do ecossistema aquático em estudo. Observe que, quando pelo menos um dos parâmetros ultrapassa os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, o ecossistema não será enquadrado como em Classe 2 (nossa base de avaliação). Você deverá usar o “emotion insatisfeito” para os parâmetros que ultrapassarem os limites da norma.

Na tentativa de facilitar sua leitura e sua avaliação posterior, vamos avaliar juntos com base nos exemplos de águas utilizados nas Figuras 5.7 a 5.11.

Para um ecossistema em condições de referência, como determinamos em um de nossos exemplos, qual seria nossa hipótese para a qualidade física e química das águas? A hipótese seria que a qualidade das águas estaria dentro dos limites estabelecidos pela legislação para águas de Classe 2, concordam? E, para tanto, nossa previsão é que nenhum dos parâmetros físicos e químicos avaliados extrapolariam o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005, correto? Então, vamos observar os resultados com base na Figura 5.12 A:

- 1. Turbidez = < 100 UNT (limite máximo: 100 UNT) - mantêm-se abaixo do limite máximo estabelecido pela legislação;
- 2. Oxigênio dissolvido = 9 mg/L (mínimo recomendado: 5 mg/L) - temos uma boa concentração de oxigênio para as comunidades aquáticas, conforme a legislação determina;
- 3. pH = 8 (recomendado entre 6 e 9) - dentro da faixa de limite estabelecida pela legislação;
- 4. Fósforo = 0,0 mg/L (limite máximo: 0,05 mg/L) - mantêm-se dentro do limite estabelecido pela legislação;
- 5. Nitrogênio = 0,10 mg/L (limite máximo: 2,18 mg/L) - também dentro do limite estabelecido pela legislação.

Resultado final: Hipótese confirmada, afinal, todos os parâmetros mensurados responderam positivamente aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas de Classe 2. Nosso ecossistema “referência” está mantendo suas águas em boas condições ecológicas para as comunidades aquáticas, conforme nossa avaliação de parâmetros físicos e químicos de coluna d’água.

E, agora, vamos verificar para o ecossistema impactado, conforme o outro exemplo apresentado nas Figuras 5.7 a 5.11. Qual seria nossa hipótese para a qualidade ecológica de águas para este ecossistema aquático? Para este caso, esperamos que ele não esteja classificado como águas de Classe 2 (conforme Resolução CONAMA 357/2005), estão de acordo? E nossa previsão seria que, em função disto, pelo menos um dos parâmetros físicos e químicos avaliados estaria fora dos limites estabelecidos pela legislação, correto? Então, mais uma vez, faremos o exercício, com base na Figura 5.12 B:

1. Turbidez = 200 UNT (limite máximo: 100 UNT) – acima do limite máximo estabelecido pela legislação;

2. Oxigênio dissolvido = 1 mg/L (mínimo recomendado: 5 mg/L), - concentração de oxigênio insuficiente para as comunidades aquáticas, conforme a legislação determina;

3. pH = 5 (recomendado entre 6 e 9) – águas ácidas, fora da faixa de limite estabelecida.

4. Fósforo = 2,0 mg/L (limite máximo: 0,05 mg/L) - acima do limite estabelecido.

5. Nitrogênio = 1,00 mg/L (limite máximo: 2,18 mg/L) – aumentado, com base em nosso ecossistema de referência, mas ainda dentro do limite estabelecido.

Resultado final: Hipótese confirmada, afinal, mais de um parâmetro mensurado respondeu negativamente aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas de Classe 2. Nosso ecossistema “impactado” está, portanto, inadequado para as comunidades aquáticas, conforme nossa avaliação de parâmetros físicos e químicos de coluna d’água.

Conseguiram acompanhar nosso raciocínio? Nossas hipóteses foram confirmadas quando os resultados das medições de parâmetros físicos e químicos nos ecossistemas responderam às interferências do entorno nas quais apenas as águas do parque urbano foram classificadas como “Classe 2”. Portanto, após suas marcações, vocês estarão aptos também a classificar o ecossistema escolhido como “Classe 2” ou “Não alcançou Classe 2”, preenchendo a linha “Classe CONAMA” de nosso Protocolo (Tabela 5.2). Esperamos que vocês tenham boas respostas, como as nossas também!

Esperamos, também, que vocês tenham conseguido chegar até aqui com alguns resultados sobre qualidade física e química do ecossistema aquático monitorado por sua escola. Gostaríamos que nos contassem ao final, se os resultados foram consistentes com as suas avaliações de entorno do Capítulo anterior. É possível avaliar o que está acontecendo no entorno e, como isso está influenciando as águas de sua região? É hora de procurar as autoridades (ou responsáveis pelas políticas públicas) e manifestar a insatisfação com a qualidade ruim das águas dos rios urbanos. Mas, é preciso ter calma! Sabem por que? Prezados Senhores e Senhoras “Jovens Ecólogos Aquáticos”, onde estão mesmo os organismos desta pesquisa? Afinal, não estamos propondo avaliar ferramentas ecológicas? Então, meus caros, ainda temos algumas novidades “científicas” pela frente. E estamos ansiosos para que vocês possam continuar com o Método Científico.

Vamos exercitar nossos conhecimentos?

Você pode utilizar um ácido-base vegetal como ferramenta para análise de pH das águas. Faça um suco no liquidificador com uma folha de repolho roxo em um litro de água, coe em seguida. Utilize copos com os seguintes “padrões” para testar: A. suco de limão (pH = 2); B. vinagre (pH = 3); C. água filtrada (pH = 7); D. álcool (pH entre 6 e 8); E. água sanitária (pH = 12); F. bicarbonato de sódio dissolvido em água (pH entre 8 e 11). Adicione um pouco do suco de repolho roxo em cada copo e observe as mudanças de coloração. Com base nas cores que obteve em seus testes e no pH determinado, faça o teste com outros líquidos de seu interesse (incluindo a água do riacho que você estudou)!

Você sabia que...

No ano de 1970, foi proposto, nos Estados Unidos, um “Índice de Qualidade de Águas (IQA)” que foi adotado no Brasil cinco anos mais tarde pelo estado de São Paulo. Nas décadas seguintes, este IQA começou a ser utilizado em outros estados brasileiros e se tornou o principal índice de qualidade da água empregado no país. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA (físicos, químicos e microbiológicos) são, em sua maioria, indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos. No estado de Minas Gerais, o IQA é calculado e empregado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) anualmente, com a apresentação dos resultados por meio de um “Mapa da Qualidade das Águas”. Esses dados são importantes porque permitem estudar a qualidade ecológica de um ecossistema ao longo do tempo (evolução do ecossistema). A partir das informações disponibilizadas pelos governos estaduais, podemos verificar a qualidade das águas em nosso país e, ainda, cobrar melhores condições de manutenção e ações de recuperação.

Estas informações nos chamam a atenção para a importância dos conhecimentos adquiridos neste Capítulo 5. A partir de agora, você tem mais conhecimentos sobre a importância da avaliação de qualidade física e química de nossos ecossistemas naturais para entender as informações disponibilizadas pelo governo e discutir e propor ações que apoiem sua participação em reuniões públicas. Dessa forma, em um futuro próximo, você poderá ser um dos principais atores no avanço destas ações conjuntas em prol da manutenção de nossos ecossistemas aquáticos.

Conceitos Importantes em Qualidade de Águas - Capítulo 5

Absorção: passagem de substâncias entre pontos de contato.

Acidez: qualidade ou estado do que é ácido.

Amplitude térmica: diferença entre as temperaturas máxima e mínima registradas em um mesmo lugar durante certo período de tempo.

Basicidade: qualidade ou estado do que é básico.

Biota: conjunto de seres vivos em um ecossistema, o que inclui a flora, a fauna, os fungos e outros grupos de organismos.

Coluna d'água: volume de água desde a superfície até o fundo de um ecossistema aquático.

Condutividade elétrica: indicativo da facilidade com a qual um material é capaz de conduzir uma corrente elétrica.

Difusão atmosférica: propagação pela atmosfera.

Formas químicas oxidadas: substância que perde elétrons para outro elemento químico.

Formas químicas reduzidas: substância que adquire/recebe elétrons vindos de outro elemento químico.

Fórmula molecular: combinação de símbolos químicos e índices que expressam os números reais dos átomos de cada elemento presente em uma molécula.

Impureza: substâncias dentro de uma quantidade limitada de líquido, gás ou sólido, que se diferenciam da composição química do material ou composto.

Insolação: radiação solar direta.

Insolúvel: não se dissolve.

Metabolismo: processos químicos e físicos que ocorrem dentro de um organismo vivo.

Óptica: fenômeno físico relacionado à propagação da imagem.

Parâmetro: padrão de um determinado componente.

Qualidade de águas: conjunto de características físicas, químicas e biológicas que os ecossistemas aquáticos apresentam, com base nas demandas para sua utilização.

Reflexão: fenômeno que consiste no fato de a luz voltar a se propagar no meio de origem após incidir em uma superfície.

Sólidos Totais Dissolvidos: conjunto de todas as substâncias orgânicas e inorgânicas contidas num líquido sob formas moleculares, ionizadas ou microgranulares.

Solvente: substância que dissolve outras substâncias em uma solução.

Para acrescentar seus conhecimentos em Qualidade física e química das águas...

Referências Bibliográficas - Sugestões de leitura:

- Conselho Estadual de Política Ambiental. 2008. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N° 01, de 05 de maio – www.siam.mg.gov.br – acesso em 26 fev. 2019.
- Esteves, F. 2011. Fundamentos de Limnologia. 3ª edição. Rio de Janeiro: Editora Interciência.
- Fundação Nacional de Saúde. 2013. Manual prático de análise de água. 4ª edição. Brasília: Editora Funasa.
- Henry, R. 2012. O diagnóstico da qualidade das águas do rio Guareí (Angatuba, SP): uma cooperação ensino superior – educação básica. 1ª edição. Botucatu: Editora Fundibio.
- Medauar, O. 2002. Coletânea de Legislação de Direito Ambiental. 1ª edição. São Paulo: Editora Revistas dos Tribunais.
- Ministério do Meio Ambiente. 1981. Lei N° 6.938, de 31 de agosto - www.mma.gov.br – acesso em 26 fev. 2019.
- Ministério do Meio Ambiente. 1986. Resolução N° 1, de 23 de janeiro - www.mma.gov.br – acesso em 26 fev. 2019.
- Ministério do Meio Ambiente. 2005. Resolução N° 357, de 17 de março - www.mma.gov.br – acesso em 26 fev. 2019.
- Tundisi, J.; Matsumura-Tundisi, T. 2008. Limnologia. 1ª edição. São Paulo: Editora Oficina de Textos.