

Ecologia de Ecossistemas Aquáticos e a Importância do Elemento Ferro (Fe) – Aspectos Teóricos e Roteiro de Atividade Prática de Laboratório (Medir a concentração de Ferro (Fe) em solução aquosa)

Alexandre A. Da C. Lucas¹; Walter Barrella²

¹Aluno do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Marinhos e Costeiros – Universidade Santa Cecília (UNISANTA)

²Docente do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Marinhos e Costeiros – Universidade Santa Cecília (UNISANTA)

Introdução

A Ecologia e o Ecossistema aquático

A água doce, como fonte primária de recursos para a sociedade moderna, tais como produção de alimentos e atividades industriais, tem sido primordial para o homem, e o estabelecimento das civilizações no decorrer do tempo tem ocorrido principalmente com base em sua proximidade com os corpos d'água.

Assim como o desenvolvimento dos centros urbanos está diretamente ligado e geograficamente próximo a fontes de água doce, o metabolismo de lagos e rios é muito dependente e, em grande parte, regulado por sua área de drenagem, em especial pela interface biogeoquímica terra-água.

A região entre o ecossistema aquático e o terrestre é uma área de interface de extrema importância, pois é muito dinâmica e controla ou influencia a maioria dos organismos, nutrientes, matéria e energia dentro dessa região, ligando os ecossistemas adjacentes.

Ecossistemas estuarinos podem constituir verdadeiras barreiras biogeoquímicas na interface continente-oceano, retendo contaminantes metálicos em seus sedimentos. No entanto, é importante considerar que os metais têm diferentes comportamentos geoquímicos, que podem favorecer sua retenção ou sua liberação pela fase sólida dos sedimentos para as águas costeiras. Além disso, a variabilidade espacial e temporal no seu aporte e na composição dos sedimentos pode influenciar a distribuição dos metais-traço.

Note que os metais traço são elementos químicos que ocorrem na natureza em pequenas concentrações, da ordem de partes por milhão (ppm) a partes por bilhão (ppb). Alguns desses metais como zinco, manganês, cobre e ferro são essenciais aos seres vivos, ainda em que pequenas concentrações, têm importante papel no metabolismo dos organismos aquáticos, uma vez que participam dos processos fisiológicos, tais como fotossíntese (manganês), cadeia respiratória (cobre) e fazem parte dos citocromos. Outros elementos-traço como Hg, Cd e Pb não têm função biológica conhecida e são geralmente tóxicos a uma grande variedade de organismos (RAMOS, 2011).

O intenso uso, a poluição e a contaminação, oriundas de lançamentos de efluentes sem tratamento, contribuem para agravar a escassez de água e reforçam a necessidade crescente do acompanhamento da alteração de sua qualidade. A contaminação dos ambientes aquáticos tem sido alvo de muitas discussões, principalmente, no que se refere à presença dos metais-traço nestes ecossistemas.

A qualidade da água em muitas regiões revela o descaso com que foram tratados os descartes dos efluentes urbanos e da agricultura nas atividades humanas, bem como uma inadequada utilização e o mal planejamento do recurso. Diante do quadro que se tem observado, vemos como é importante medir a concentração de Ferro e outros metais de traço para remediar e evitar os problemas gerados pelo incremento na quantidade dos resíduos sólidos resultados das atividades humanas, domésticas e industriais.

Pompêo e Moschini-Carlos (2003) ao caminhar na direção da modelagem e da predição, permitindo o monitoramento ambiental e contribuindo com o equilíbrio da distribuição espacial, particularmente das macrófitas aquáticas, contribuiu com uma literatura sólida e considerações pertinentes relacionadas aos aspectos ecológicos e metodológicos.

Os trabalhos e pesquisas ecológicos por meio da utilização de escalas espaciais e temporais têm como objetivo descrever a dinâmica do ecossistema aquático na tentativa de levantar dados para discutir a sua estrutura e função. Da mesma forma, são necessários estudos em vários níveis de organização, ou seja, indivíduo, população, comunidade e ecossistema para determinar de modo mais preciso aspectos relativos a cada nível organizacional, incluindo a interferência dos organismos no meio físico e vice-versa.

Análises em escala de laboratório permitem desenvolver pesquisas para testar o efeito de diversos fatores ambientais, particularmente, temperatura, luz e nutrientes, sobre as macrófitas aquáticas. Pesquisas a campo possibilitam não apenas entender a função desses vegetais como também inferir aspectos da ecologia de ecossistemas. Conjuntamente, devem ser desenvolvidos e testados diferentes métodos e diversos delineamentos experimentais na tentativa de ampliar o conhecimento auto-ecológico e sinecológico das plantas aquáticas (Pompêo e Moschini-Carlos, 2003).

As macrófitas aquáticas

ão consideradas macrófitas aquáticas os vegetais visíveis a olho nu com partes fotossinteticamente ativas permanentemente, ou por diversos meses, todos os anos, total ou parcialmente submersas em água doce ou salobra, podendo ainda ser flutuantes. Independentemente de aspectos taxonômicos, vários grupos ecológicos de macrófitas aquáticas são reconhecidos. No Brasil, a classificação comumente aceita refere-se a macrófitas aquáticas emersas, flutuantes, submersas enraizadas, submersas livres e com folhas flutuantes.

A distribuição espacial e temporal concentrada das macrófitas pode gerar resultados bem diversos, positivos ou negativos, evidenciando assim a importância de monitorar e quando pertinente efetuar o controle da população dessas plantas aquáticas. Em algumas represas hidrelétricas, as macrófitas submersas, flutuantes e emersas são capazes de causar a interrupção na produção de energia elétrica pela paralisação das turbinas. Em outros casos, as macrófitas podem ajudar a controlar elementos químicos despejados pela atividade industrial nos ambientes aquáticos adjacentes ao complexo industrial.

As regiões com macrófitas aquáticas têm papel significativo em processar nutrientes, adsorver e absorver substâncias tóxicas, e em regular o fluxo hidráulico. A maioria dos ecossistemas aquáticos continentais de pouca profundidade, apresenta áreas colonizadas por plantas aquáticas. Os contornos irregulares dos reservatórios dendrídicos permitem a formação de regiões de remanso, nas quais as condições limnológicas geralmente diferem das áreas centrais. Grande parte das macrófitas se limita a ocupar essas regiões marginais, onde encontram condições adequadas para sua fixação e nutrição, como escassa profundidade, acúmulo de nutrientes e maior proteção dos ventos (DINIZ et al, 2005).

Gastrópodes e sua dependência ecológica da preservação em ambientes aquáticos

Alguns gastrópodes possuem uma relação espécie-específica com as macrófitas, particularmente aquelas espécies que vivem em plantas emersas, o que parece reduzir a competição interespecífica por alimento. Além disso, nas regiões tropicais, a presença de macrófitas aquáticas favorece as populações de moluscos, especialmente daqueles gastrópodes hospedeiros da esquistossomose, reduzindo a ação competidora com outras espécies.

Com o processo de eutrofização artificial, provocado pela entrada, cada vez maior, de nitratos e fosfatos nos ecossistemas de água doce, tem-se tornado um problema crescente nos últimos anos, provocando consideráveis mudanças nas estruturas das comunidades aquáticas, chegando a reduzir a riqueza e a diversidade dos invertebrados (Abílio *et al*, 2006). Felizmente, estão surgindo estudos feitos por ecólogos com objetivo de controlar e minimizar o impacto negativo das atividades do homem na ecologia dessas espécies que habitam os sistemas estuarinos.

Os elementos minerais no desenvolvimento das plantas aquáticas

Há várias propriedades presentes na água relacionadas a fatores ambientais que afetam a vida das plantas. Os elementos e compostos químicos são fundamentais para os processos biológicos vitais e ocorrem em abundância nos ambientes aquáticos. Os organismos vivos gastam energia para extrair compostos químicos do seu ambiente; eles os retêm e os usam por um período, para, posteriormente, perdê-los outra vez. Portanto, as atividades dos organismos influenciam profundamente os padrões de fluxo de matéria química na biosfera (Begon *et al*, 2007).

Os metais são elementos amplamente distribuídos pela crosta terrestre e, juntamente, com outros elementos, fazem parte da estrutura cristalina das rochas. São essenciais para a sobrevivência do homem e para o funcionamento da sociedade moderna, onde as transformações de matérias-primas em produtos manufaturados tornaram-se uma condição necessária para a vida e o desenvolvimento do homem (RAMOS, 2011).

Originalmente, o ferro, cuja concentração em solução aquosa é mensurada na atividade prática deste artigo, tem sua entrada nas comunidades terrestres como resultado do intemperismo da rocha matriz e do solo, assim como o cálcio, magnésio, fósforo e potássio, que podem, então, ser absorvidos através das raízes das plantas (BEGON et. al, 2007). Entretanto, para efeito, nesta atividade prática vamos considerar o Ferro (Fe) com entrada artificial no ecossistema, isto é, como vestígio da intervenção humana em um ambiente aquático, e que constitui um elemento fundamental no metabolismo das plantas. Não é raro encontrar pedaços de estruturas metálicas contendo ferro em represas, rios, lagos, nos canais típicos da cidade de Santos e em ambientes aquáticos em geral, principalmente nas cidades grandes.

As plantas aquáticas, além da energia que retiram da luz, do carbono que retiram do gás carbônico, do hidrogênio e do oxigênio que retiram da água, necessitam de outros elementos químicos sob a forma de sais minerais tais como nitrogênio, fósforo, enxofre, magnésio, potássio, cálcio e ferro. É dado que em ambientes aquáticos controlados artificialmente, o desenvolvimento saudável de plantas aquáticas exige 0.5 ppm de ferro.

Características e toxicologia do Ferro

O ferro é o quarto elemento mais abundante da crosta terrestre, faz parte da cultura humana há séculos, sendo que suas propriedades físicas e químicas lhe conferem uma enorme importância nos mais diversos ramos produtivos. É um micronutriente indispensável para o bom funcionamento do metabolismo dos seres vivos e exerce grande influência na ciclagem de outros nutrientes importantes como o fosfato, porém pode se tornar tóxico quando em excesso ou quando forma complexos orgânicos.

A sedimentação, os processos químicos e hidrotérmicos e o desgaste das rochas pela ação do intemperismo são os principais mecanismos formadores de depósitos de ferro ao longo do tempo. Os principais compostos de ferro utilizados na indústria são óxidos, carbonatos e sulfetos, com aplicação na indústria metalúrgica, siderurgia e fabricação de abrasivos e compostos para polimento, imãs, tintas, pigmentos e soldagem de metais. As fontes antrópicas de ferro são: mineração, fundição, soldagem, efluentes de esgoto, fertilizantes e escoamento superficial urbano.

Os efeitos da contaminação antrópica negligente afetam os componentes da biota aquática, desde água, sedimentos e ar, até os organismos vivos podendo até mesmo interferir na temperatura e na cinética natural do oceano. Quantidades variáveis de ferro afetam o crescimento do fitoplâncton, o que prejudica as trocas gasosas na interface ar-oceano, além de influenciar os ciclos do carbono e do enxofre e causar mudanças climáticas globais (Ramos, 2011).

Em águas não poluídas, seu teor varia em função da litologia da região e do período chuvoso, quando pode acontecer carreamento de solos com teores mais elevados de ferro. O ferro que se acumula no sedimento estuarino é oriundo de esgotos domésticos, industriais e ainda da área portuária. Ocorrem sob a forma de óxidos hidratados, de partículas coloidais ou na cobertura de outras partículas minerais podendo transportar metais pesados.

Em ambientes estuarinos é comum haver variações no potencial redox, devido a fatores que tornam o ambiente anóxico. Desta forma, mudanças de fase podem ocorrer transformando em sulfetos, os metais pesados que estavam na forma de óxidos hidratados, adsorvidos e que estavam coprecipitados. Assim, de acordo com esses fatores, os óxidos hidratados de ferro, bem como os sulfetos, podem ser considerados concentradores de metais pesados em sedimentos estuarinos.

O homem tem capacidade limitada para excretar o excesso de ferro, assim sendo, este é um metal pesado, ele está capacitado para catalisar as reações de oxidação de biomoléculas (carboidratos, proteínas, lipídios), produzindo radicais livres. A ingestão excessiva de ferro pode causar dentre outros distúrbios, hemorragias, diarreias, hemocromatose e outras complicações hepáticas. De maneira geral, o ferro tem pouca toxicidade, porém se mostra o mais tóxico dentre os outros elementos traços. Por outro lado, o ferro apresenta importância no organismo vivo no que concerne ao transporte do oxigênio pela cadeia HEME (que consiste de um átomo de Fe contido no centro de um largo anel orgânico heterocíclico) da hemoglobina, à formação de citocromos e de mioglobulina, ao funcionamento das catecolaminas e dos neutrófilos. E sua deficiência pode causar, dentre outros males: vitiligo, fadiga muscular, estomatite, disfagia e anemia. Em um indivíduo sadio, a quantidade de ferro é de menos de 5 g. O nível recomendado de ingestão de ferro é de 10 mg para homens e 18 mg para mulheres (RAMOS, 2011).

Ocorrência do ferro em meios aquáticos

O ferro costuma ser encontrado basicamente em 4 formas no meio-ambiente aquático: solução verdadeira, estado coloidal combinado com a matéria orgânica, complexos orgânicos ou inorgânicos e na forma de partículas suspensas. Na hipótese de haver baixa oxigenação no meio aquático, o ferro costuma ocorrer sob a forma de bicarbonato solúvel. Na medida em que a água se torna rica em oxigênio, o carbonato ferroso é transformado em hidróxido férrico insolúvel, formando pequenas partículas que se precipitam.

As plantas aquáticas utilizam o ferro na forma solúvel, iônica ou fracamente ligada (coloidal). Como a forma iônica é mínima, o ferro metabolizado pelas plantas será aquele ligado à matéria orgânica ou complexado por agentes quelantes de ferro.

Objetivos da atividade prática

- Desenvolver de forma teórica e prática conceitos fundamentais de ecologia, biologia e química;
- Determinar a concentração de ferro biologicamente ativo na forma férrica (Fe III) e na forma ferrosa (Fe II);
- Disponibilizar algum embasamento teórico e estimular jovens estudantes a ingressar na Iniciação Científica;
- Ilustrar uma atividade simples de laboratório feita com um kit para medir concentração de Fe encontrado facilmente em lojas de aquário que pode ser utilizada na introdução de conceitos nas áreas de ecologia, química e biologia levando em consideração o senso crítico do graduando.

Material utilizado

- Becker de 250 mL.
- Solução de permanganato de potássio.
- Solução de tiocianato de potássio.
- Solução de ácido nítrico.
- Pequeno pedaço de ferro.

- Cronômetro.
- Escala de cores (opcional) para facilitar a determinação da concentração de ferro.
- Tubo de ensaio.
- Pipeta de 10 mL.

Procedimento

- 1 - Encher o Becker com 50 mL de água.
- 2 - Depositar o pedaço de ferro no Becker e deixe em repouso durante aproximadamente 2 horas.
- 3 - Retirar 4 mL de água do Becker e pipetar a água coletada no tubo de ensaio.
- 4 - Adicionar gota a gota da solução de permanganato de potássio até que a cor se torne rosa persistente. Agitar levemente a solução resultante.
- 5 - Adicionar 06 gotas de tiocianato de potássio e agitar levemente.
- 6 - Adicionar 06 gotas da solução de ácido nítrico e agitar o tubo de ensaio.
- 7 - Após 05 minutos compare a cor desenvolvida no tubo de ensaio com a escala de cores contida na Figura 1.
- 8 - Anotar a concentração de ferro (0.5 ppm, 1.0 ppm, 2.0 ppm, 3.5 ppm ou 5 ppm) de acordo com a tonalidade de cor obtida.

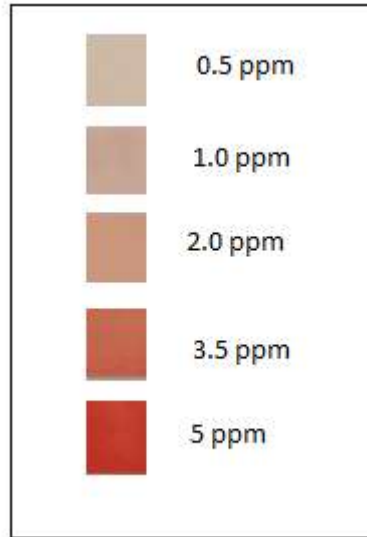


Figura 1 - Escala de cores para cada nível de concentração de Ferro (Fe)

Questões para serem aplicadas na atividade prática:

1 -) Como o Ferro é encontrado na natureza?

2 -) O que é um precipitado?

3 -) O Ferro é importante para o funcionamento saudável do organismo dos seres-humanos? Explique.

4 -) Qual a importância das plantas aquáticas no ecossistema?

5 -) O que é um agente quelante do Ferro?

6 -) Quais são as principais formas em que o elemento Ferro (Fe) é encontrado no meio aquático?

7 -) Se trocarmos o pedaço de Ferro por Ferro em pó, seria necessário deixar a solução em repouso durante 2 horas? Explique.

Referências

Abílio, F. J. P.; Fonseca-Gessner, A. A.; Leite R. L.; Ruffo, T. L. M. Gastrópodes e outros invertebrados do sedimento e associados a macrófitas *Eichhornia crassipes* de um açude hipertrófico do semi-árido paraibano. In: Revista de Biologia e Ciências da Terra, Suplemento Especial, n. 1, 2º Semestre de 2006. ISSN 1519-5228.

Begon, M.; Colin, R. T.; Harper, J. L. Ecologia: de indivíduos a ecossistemas. 4ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. 752 p.

De Mamede, T. C. A. Biomonitoramento por *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1928) e percepção de risco sócio ambiental na Baía de Todos os Santos, Bahia. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente – POSPETRO, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. Salvador: março de 2012.

Diniz, C. R.; de Ceballos, B. S. O.; Barbosa, J. E. de L.; Konig, A. Uso de macrófitas aquáticas como solução ecológica para melhoria da qualidade da água. In: R. Bras. Eng. Agric. Ambiental, Campina Grande, Suplemento, p.226-230, 2005.

Milazzo, A. D. D.; Rios, M. C.; Otero, O. M. F.; Cruz, M. J. M. Concentração de metais em águas superficiais do estuário do rio São Paulo, Baía de Todos os Santos, Cadernos de Geociências, v.8, n. 1, maio 2011.

Pompêo, M. L. M.; Moschini-Carlos, V. Macrófitas aquáticas e perifíton, aspectos ecológicos e metodológicos. São Carlos: RiMa, 2003. 134 p.

Ramos, S. V. C. Avaliação de metais traço em ostra de mangue (*Crassostrea rhizophorae* Guilding, 1828), sururu (*Mytella charruana* D'Orbigny, 1846) e sedimentos superficiais no estuário do rio Formoso, Pernambuco/Sabrina Vitória Câmara Ramos. – Recife: O Autor, 2011. Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2011. 164 folhas.