

Importância da água para a vida e garantia de manutenção da sua qualidade.

Maria Aparecida Marin-Morales*; Matheus Mantuanelli Roberto*, Dejanira de Franceschi de Angelis*; Derlene Attili de Angelis**

*Instituto de Biociências – UNESP, campus de Rio Claro/SP; **Coleção Brasileira de Micro-organismos de Ambiente e Indústria - CBMAI/DRM. CPQBA/UNICAMP/Paulínia - SP

1. Porque a água é um recurso mineral de total importância para todos os seres vivos.

A água é o mais eficiente solvente do planeta, chamado de solvente universal. Esta sua característica permite que ela se associe a substâncias diversas, inclusive com aquelas que podem contaminá-la.

Considerando que a vida na terra se originou na água, os organismos terrestres têm uma associação direta e de plena dependência com esse composto químico. A água, que é responsável por cerca de 70% do nosso peso corporal, está relacionada com a regulação da temperatura corpórea e com a manutenção das atividades vitais. Para o nosso perfeito equilíbrio orgânico, necessitamos ingerir, pelo menos, 2 litros de água por dia, quantidade esta necessária para as reações vitais de nossas células e para repor as perdas que acontecem pela respiração, sudorese, saliva, urina, fezes, dentre outras.

Uma das atividades fisiológicas que pode exemplificar bem a importância e a nossa dependência da água é a excreção. A excreção é a eliminação, pela urina, dos resíduos tóxicos que entram ou são produzidos no nosso corpo. Isso acontece porque a água contida nas células se associa aos compostos tóxicos ali presentes e os eliminam do nosso corpo, na forma de urina. Caso haja um consumo inadequado de água pelo indivíduo, haverá, conseqüentemente, o comprometimento das suas atividades vitais, dentre elas a da excreção dos resíduos corporais tóxicos, substâncias estas que podem desencadear intoxicações que levam a sérios problemas à saúde.

Da mesma forma que a água presente em nossas células se associa com as substâncias tóxicas do nosso organismo, as águas dos rios se associam com os poluentes que são carregados para dentro de seus leitos. Assim, podemos afirmar que a água dos corpos hídricos pode ser saudável ou nociva para o consumo humano, dependendo da sua composição, isto é, do químico que recebe e se associa. De

maneira geral, nas regiões de alta concentração populacional os rios recebem uma alta carga de poluentes ao longo do seu curso, o que deixa as suas águas poluídas por substâncias diversas, muitas delas tóxica para os seres vivos. Além de contaminada por agentes químicos, a água também pode ser contaminada por organismos patogênicos, como bactérias, fungos e vírus,

Durante os períodos de estiagem, a poluição aquática se agrava, porque a quantidade de água dos rios diminui drasticamente, ficando insuficiente para diluir os poluentes que estes rios recebem. Porém, se os ambientes marginais do rio apresentam-se contaminados (por exemplo, por lixos, agrotóxicos, outros agentes químicos e/ou biológicos), este rio poderá receber essa carga poluidora das margens, durante os períodos chuvosos, principalmente nas suas primeiras chuvas intensas, que arrastam com as suas enxurradas a contaminação marginal para o leito do rio.

As causas da poluição dos nossos rios estão relacionadas com: as práticas agropecuárias, que ainda abusam do uso de fertilizantes e agrotóxicos; as atividades industriais, cujos resíduos não são devidamente tratados antes de serem lançados no ambiente, a má gestão também dos resíduos urbanos e o desmatamento de nossas matas ciliares, de cabeceiras dos rios e de florestas. No Brasil, o desmatamento é tão alarmante, que coloca o nosso país como o segundo país do mundo, atrás somente da China, com maiores áreas devastadas.

2. Saúde ambiental e qualidade da água dos corpos hídricos

As preocupações com a problemática ambiental estão inseridas na Saúde Pública, desde seus primórdios, apesar de só na segunda metade do século XX ter se estruturado como uma área específica para tratar dessas questões. Rosen já enfatizava, em 1958, que os principais problemas de saúde enfrentados pela humanidade têm relação com a vida em comunidade, o controle e a melhoria do ambiente físico (saneamento), o controle de doenças transmissíveis e a efetividade de cuidados médicos, a provisão de alimentos e a quantidade e qualidade da água disponível para a população (RIBEIRO, 2014).

“Saúde Ambiental” é, segundo o Brasil-Ministério da Saúde (BMS, 1999), o campo de atuação da saúde pública que se ocupa das formas de vida, das substâncias e das condições em torno do ser humano, que podem exercer alguma influência sobre a sua saúde e o seu bem-estar”. Para a Organização Mundial da Saúde (WHO, 1996), a “Saúde Ambiental” compreende todos aqueles aspectos da saúde humana, incluindo

neles a qualidade de vida, que estão determinados por fatores físicos, químicos, biológicos, sociais e psicológicos no meio ambiente. Também se relaciona com a teoria e prática de valorar, corrigir, controlar e evitar aqueles fatores ambientais que, potencialmente, possam prejudicar a saúde de gerações atuais e futuras” (WHO, 1996).

A poluição pode ser definida como uma alteração capaz de promover a degradação de um ecossistema, por meio da remoção ou introdução, direta ou indireta, de substâncias resultantes de atividades humanas, que causam efeitos deletérios aos recursos biológicos e riscos à saúde humana (CHAPMAN, 1996). De maneira geral, a poluição do meio ambiente se dá pela presença de misturas complexas que pode desencadear efeitos tóxicos diferentes daqueles já conhecidos para as substâncias isoladas. Este fenômeno é chamado de “efeitos combinados”, porque é derivado da associação de moléculas de mesma ação ou de ação diferente que interagem, resultando em infinitas possibilidades de efeitos, como respostas aditivas (somatória de efeitos das substâncias), sinérgicas (potencialização dos efeitos individuais) ou antagonista (diminuição dos efeitos de uma ou até de todas as substâncias envolvidas na mistura) (BEYER et al., 2014).

Os recursos hídricos têm sofrido intensas interferências antrópicas, que têm culminado na poluição e comprometimento da sua qualidade. A deterioração dos ambientes aquáticos tem se caracterizado em um dos maiores problemas mundiais, sendo que os maiores responsáveis por esta contaminação são os lançamentos de efluentes domésticos e industriais sem tratamento (OLIVEIRA et al., 2012) e o uso abusivo de substâncias químicas na agropecuária.

3. Avaliação da qualidade da água, por meio de parâmetros físico-químicos

A manutenção da qualidade da água de nossos recursos hídricos deve ser constatada e feita com a maior responsabilidade. Para isso, devemos avaliar a qualidade da água por alguns parâmetros físicos e químicos, como o pH, temperatura, demanda química de oxigênio (D.Q.O.), oxigênio dissolvido (O.D.) e demanda bioquímica de oxigênio (D.B.O.) (OLIVEIRA et al., 2012), e os níveis toxicológicos dos ambientes aquático, por meio de parâmetros indicadores de danos à vida associada ao ambiente avaliado.

A seguir, serão apresentados alguns dos parâmetros físicos, químicos e biológicos que devem ser usados em monitoramento da água destinada de abastecimento e também

dos recursos hídricos em geral.

3.1. Parâmetros físicos

3.1.1. Cor verdadeira, cor aparente e transparência

De acordo com Chapman (1996), a cor verdadeira dos recursos hídricos está relacionada com a presença de minerais e substâncias orgânicas naturalmente presentes na água. A cor aparente de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico, algas em suspensão, bactérias, material orgânico e metais dissolvidos (MALIK et al., 2011). Contudo, o maior problema da alteração da cor da água é o estético (CETESB, 2014).

A avaliação dos níveis de transparência é um parâmetro que está incluído em diversas normas de avaliação de água, pois indica, principalmente, o nível de atividade fotossintética e a possibilidade de vida no ambiente aquático. (CHAPMAN, 1996).

3.1.2. Turbidez

Turbidez é uma propriedade física dos líquidos relacionada com a redução da sua transparência, induzida pela presença de materiais em suspensão, que interferem na passagem da luz através deste fluido. A turbidez pode variar com a atividade biológica existente no rio e por influência da pluviosidade (CHAPMAN, 1996). Os esgotos domésticos e industriais, assim como as atividades de mineração, também elevam a turbidez das águas. Uma turbidez alta reduz a fotossíntese da vegetação submersa e de algas, suprimindo a vida aquática (CETESB, 2014).

3.1.3. Temperatura

Os corpos d'água sofrem variações de temperatura, de acordo com as flutuações climáticas normais, que podem acontecer sazonalmente ou, em alguns recursos hídricos, no período de 24 horas. Chapman (1996) cita que a temperatura de águas superficiais é influenciada pela latitude, altitude, estação do ano, horário do dia, aeração, cobertura de nuvens e o fluxo e a profundidade do corpo d'água. A temperatura pode também ser influenciada por processos físicos, químicos e biológicos dos ecossistemas aquáticos.

As atividades humanas que lançam efluentes aquecidos nos recursos hídricos pode alterar a temperatura dos mesmos, comprometendo, assim, a vida dos organismos endêmicos do local .

3.1.4. Condutividade

A condutividade elétrica é a medida da capacidade da água conduzir eletricidade, que indica a presença de compostos ionizáveis nos ambientes aquáticos. Este fator, que depende das concentrações iônicas e da temperatura, indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes CETESB (2014).

Em geral, nos estudos onde é feita a avaliação físico-química, a condutividade é um dos mais importantes parâmetros de avaliação. Mas, apesar deste destaque, não há exploração ou aprofundamento sobre este critério.

3.1.5. Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH é uma variável importante na avaliação da qualidade de água, pois influencia muitos processos biológicos e químicos de um sistema hídrico. O pH afeta a sobrevivência dos organismos aquáticos, pois a maior parte de suas atividades metabólicas é altamente dependente dele (OSIBANJO et al., 2011).

Quando este parâmetro é utilizado para medir os efeitos do lançamento de efluentes, ele pode ajudar a determinar o tamanho da pluma de contaminação (CHAPMAN, 1996).

3.2. Parâmetros químicos

3.2.1. Oxigênio dissolvido (O.D.)

O conteúdo de oxigênio dos recursos hídricos varia com a temperatura, salinidade, turbulência, pressão atmosférica e atividade fotossintética de vegetais aquáticos. Segundo Chapman (1996), conforme aumenta a temperatura e a salinidade, diminui a solubilidade do oxigênio (CHAPMAN, 1996).

Os níveis de O.D. de um rio podem ser reduzidos quando há lançamento de efluentes ricos em carga orgânica, cuja decomposição biológica do material depende de altos níveis de oxigênio (OSIBANJO et al., 2011). Segundo Chapman (1996), baixas concentrações de O.D. podem afetar a sobrevivência das comunidades

aquáticas e até levar a maioria das espécies a morte.

3.2.2. Demanda química de oxigênio (D.Q.O.)

A D.Q.O. representa a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica, por meio de reação química, isento de processo de biodegradação (CETESB, 2010). A D.Q.O. é um parâmetro eficiente para se estimar os efeitos de efluentes industriais e domésticos sobre os ecossistemas aquáticos. Embora seja um fator importante a ser considerado na avaliação da qualidade de água de um rio, a legislação federal ou estadual vigente no Brasil não prevê este parâmetro nas análises dos recursos hídricos.

Um aumento na D.Q.O. pode ser um indicativo de que um rio esteja impactado por efluentes industriais não tratados ou tratados de maneira insatisfatória, lixiviados de aterros sanitários e de área agrícolas (OSIBANJO et al., 2011).

3.2.3. Demanda bioquímica de oxigênio (D.B.O.)

A D.B.O. está relacionada com a presença de matéria orgânica no corpo d'água, proveniente de efluentes domésticos não tratados (OLIVEIRA et al., 2012). Na D.Q.O., o consumo do oxigênio é decorrente da atividade decompositora da microbiota aeróbia, que resulta em compostos inorgânicos estáveis (DRUMONT, 2013). Assim, o aumento nos níveis de D.B.O. indica que o corpo d'água contém alta carga orgânica, que está sendo utilizada pelos microrganismos decompositores aeróbios, cujas atividades aumentam o consumo do oxigênio dissolvido e, conseqüentemente, leva a mortandade de organismos aquáticos. Esse aumento da comunidade microbiana desequilibra o ecossistema aquático, podendo também promover odor e sabor desagradáveis para a água (CETESB, 2010).

3.2.4. Carbono Orgânico Total (COT)

O Carbono Orgânico Total (COT), uma análise relacionada com a condutividade, é um parâmetro de análise da qualidade da água, que mede o teor de carbono orgânico presente em um amostra. É frequentemente usado para avaliar a contaminação da água, quanto a presença de matéria orgânica.

3.2.5. Óleos e graxas

A análise da presença e a quantificação de óleos e graxas em um corpo hídrico pode indicar a presença de poluição por óleos, como o petróleo e seus derivados (OSIBANJO et al., 2011). Os efluentes podem ainda contaminar os recursos hídricos com esses resíduos, por meio de efluentes urbanos, além de derrames e acidentais que contenham esses compostos.

3.2.6. Metais e outros elementos

Dentre os elementos químicos que podem contaminar o ambiente e trazer prejuízos a saúde, podemos destacar: Alumínio (Al), Arsênio (As), Bário (Ba), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Fósforo (Ph), Manganês (Mn), Mercúrio (Hg), Níquel (Ni), Sódio (Na) e Zinco (Zn).

As principais fontes de contaminação ambiental de Al estão associadas às atividades indústrias mineradoras e de fundição da bauxita, indústrias de utensílios e aparelhos domésticos, embalagens de alumínio (ACHARY; PANDA, 2009) e resíduos de Estações de Tratamento de Água (ETAs). Altos níveis de Al, segundo Kumar e Gill (2014), aumenta os risco de algumas doenças neurodegenerativas, como encefalopatia dialítica, doença de Alzheimer e doença de Parkinson.

O As é capaz de induzir diversas doenças, principalmente o câncer (ORLOFF et al., 2009) e afetar os sistemas cardiovascular e neurológico e órgãos como rins e fígado (JOMOVA et al., 2011). As emissões de Ba na água podem ocorrer pelo descarte dos efluentes da purificação da barita, mas as principais fontes antrópicas de bário são as indústrias da borracha, têxtil, cerâmica e farmacêuticas (CETESB, 2012; 2014)

O cádmio é classificado pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA, 2006) como um possível agente carcinogênico para seres humanos. O Cd também traz riscos renais severos e até mesmo a morte em exposições extremas (FU; WANG, 2011).

O chumbo não é essencial ao organismo humano, mas é utilizado nas indústrias de tintas, cerâmicas, corantes, borracha, porcelana e baterias (YILMAZ et al., 2012). Este metal, causa danos ao sistema nervoso central, aos rins, fígado e o sistema reprodutor. Segundo Chinde et al. (2014), o Pb é classificado como um possível agente carcinogênico.

As principais atividades antrópicas que contaminam o ambiente com Cu são as mineradoras, os efluentes industriais, as estações de tratamento de esgoto, o uso de

tintas anti- incrustação e o uso dos encanamentos de cobre para águas com grande variação de temperatura e águas ácidas. O Cu, quando em consumo elevado, pode causar vômitos, cólicas, convulsões e morte (PAULINO et al., 2006), induzir lesões hepáticas e, segundo Mir et al. (2014), induzir genotoxicidade derivada de estresse oxidativo.

O cromo é um elemento extremamente tóxico, capaz de se acumular na cadeia alimentar e chegar até os seres humanos, cuja fisiologia pode ser alterada por severos problemas de saúde, que vão desde irritação cutânea a câncer de pulmão (KHEZAMI; CAPART, 2005).

O Fe, quando consumido em grandes concentrações, pode causar danos ao trato gastrointestinal, levando à intoxicação (CHAU et al., 1993). Também pode afetar o coração, rins e fígado (LIMA et al., 2011), induzir aberrações cromossômicas e danificar as moléculas de DNA, devido a estresse oxidativo (BERG et al., 2001).

Altas concentrações de fósforo, entre outros nutrientes, podem induzir a eutrofização dos recursos hídricos, processo esse que reduz e até elimina o oxigênio dissolvido na água (CETESB, 2014). As principais fontes de contaminação por fosfato nos rios são as emissões das indústrias que utilizam ácido fosfórico e sais de fosfatos como matéria-prima, como as indústrias de detergentes a base de fosfato e as de fertilizantes (OSIBANJO et al., 2011).

O manganês, quando em excesso, pode causar neurotoxicidade em adultos e em embriões durante a gestação. A neurotoxicidade do manganês pode estar associada a danos e problemas na replicação ao DNA, à inativação de enzimas de detoxificação que protegem as células e à sua associação com o sistema redox celular (LIMA et al. 2011).

Atividades antropogênicas como a queima de combustíveis fósseis, a incineração de lixo e a mineração são as principais fontes responsáveis pelo lançamento do mercúrio no ambiente. Este elemento é altamente tóxico e deletério para os organismos (BHOWMIK; PATRA, 2013). Uma vez na água, este metal pode se incorporar nas teias alimentares aquáticas, na forma de metilmercúrio (MeHg), que é ainda mais tóxico que o Hg (LARSON et al., 2014). O mercúrio é reconhecidamente um potente indutor de danos no sistema nervoso central e, por isso, uma potente neurotoxina.

O níquel, que é proveniente, principalmente, do efluente líquido de galvanoplastia, de eletrônicos e da limpeza de metais, é rapidamente complexado com

diversos ligantes do meio, tornando-se um dos metais mais móveis no ambiente. Quando em altas concentrações, pode ser tóxico para a biota e para os seres humanos (MANSOURI et al., 2012) e induzir sérios problemas pulmonares e renais, além de provocar danos ao sistema gastrointestinal, fibrose pulmonar e dermatite (BORBA et al., 2006). O efeito mais sério é provocado pelas exposições crônicas ao Ni, que levam a indução de câncer de pulmão e do seio nasal (CARMONA et al., 2011).

O sódio, mesmo em baixas concentrações, é capaz de induzir danos citotóxicos, genotóxicos e mutagênicos em diversos organismos, principalmente por meio de estresse oxidativo (J et al., 2013).

O zinco, em excesso, pode causar problemas de saúde como cólicas estomacais, irritações cutâneas, vômitos, náuseas e anemia (OYARO et al., 2007). Assim, contaminações por zinco podem caracterizar um problema de ordem ambiental.

A poluição de um rio afeta primeiramente as características físico-químicas do corpo d'água e depois destrói, sistematicamente, a comunidade aquática, comprometendo a cadeia alimentar e a saúde pública. Por meio destas avaliações, torna-se possível realizar, em locais e períodos definidos, um bom monitoramento ambiental, para se estimar as tendências de impactos ambientais ou de padrões de contaminação (CHAPMAN, 1996). No entanto, faltam informações suficientes que ajudem a elucidar o significado dos valores encontrados nas análises de água, para que se possa relacioná-los com segurança ambiental, isto é, relacioná-la com os possíveis efeitos sobre os organismos vivos.

4. Avaliação da qualidade da água, por meio de parâmetros biológicos

A poluição aquática está diretamente relacionada a riscos e danos à saúde, devido a ação de substâncias tóxicas presentes na água, que podem induzir doenças em humanos, como o câncer, a aterosclerose, doenças cardiovasculares e envelhecimento precoce (RADIĆ et al., 2010).

Para avaliar os riscos que a contaminação da água promove sobre os organismos, é necessário realizar uma bateria de bioensaios, combinados com as análises químicas e físico-químicas (ŽEGURA et al., 2009). Os organismos que respondem de maneira eficiente na identificação e no fornecimento de dados sobre as condições de um ambiente, incluindo a presença ou ausência de um contaminante, são denominados de indicadores biológicos ou bioindicadores (FRONTALINI;

COCCIONI, 2011).

Na União Europeia, foram instituídas normas para avaliar as condições dos corpos d'água europeus, baseadas em análises com diferentes bioindicadores (fitoplâncton, macroalgas, angiospermas, invertebrados bentônicos e peixes). A união europeia indica que esta prática deve ser realizada antes mesmo de realização da avaliação físico-química de um ambiente. Isto é, um monitoramento ambiental deve ser, primeiramente, realizado por meio ensaios toxicológicos, para se certificar de que a contaminação estimada é realmente preocupante para a vida dos organismos presentes naquele ambiente. Isso se justifica, pelo fato das avaliações químicas serem de alto custo, o que, muitas vezes, inviabiliza a avaliação ambiental. Uma vez detectado o comprometimento biológico pela poluição, aí se avalia qual seria o agente agressor daquele ecossistema.

Testes como os de aberrações cromossômicas, anormalidades nucleares, presença de micronúcleos (MN), alteração na expressão gênica e indução de estresse oxidativo são considerados biomarcadores eficientes para a avaliação dos impactos que agentes estressores podem promover no ecossistema (KANG et al., 2014) e sobre as condições de saúde de seres humanos (SAKLY et al., 2013). Por isso, essas agências regulatórias recomendam que, para se identificar os possíveis agentes genotóxicos de ambientes impactados, devem ser realizados, no mínimo, dois ou três tipos de testes de genética toxicológica (THYBAUD et al., 2007; LEMOS et al., 2007).

Diante de toda essa situação de descaracterização ambiental, que compromete a qualidade da água dos nossos rios e, conseqüentemente, a saúde da população, é hora de repensar sobre a nossa responsabilidade ambiental, pois estaremos assim repensando o que realmente queremos para o nosso futuro. É necessário que cada cidadão assuma uma postura ambientalista, reivindicando dos governantes leis ambientais mais rígidas e eficientes, como também programas preventivos que garantam o desenvolvimento econômico e social, mas sem ferir os princípios de sustentabilidade ambiental. Neste contexto, a primeira atitude a ser tomada é instituir uma melhor administração dos nossos recursos hídricos, em nível de bacias hidrográficas, desenvolvendo tecnologias avançadas de monitoramento e gestão, chamando a comunidade para participar destas ações. Além disso, devem ser instituídas ações educacionais e de conscientização da população, de empresas e da administração pública, para se evitar o desperdício e a poluição das águas. Também

seria necessária a realização de despoluição de rios e mananciais impactados, para revitalizar os recursos hídricos, tornando-os novamente saudáveis e próprios para os mais diversificados usos. Se cada cidadão cumprir com sua parte para a sustentabilidade do planeta, ficará mais fácil reverter o atual quadro em que se encontra o nosso meio ambiente. A responsabilidade é de todos, por isso, fiscalize, denuncie os abusos com uso, poluição e descasos com a água, antes que as consequências sejam tão drásticas que dificultarão a recuperação dos nossos recursos hídricos.

Hoje, a humanidade possui meios para preservar os seus últimos recursos hídricos ainda isentos de contaminação e recuperar aqueles já impactados. É só uma questão de consciência e de cidadania.

5. Referências bibliográficas

ACHARY, V. M. M.; PANDA, B. B. Aluminium-induced DNA damage and adaptive response to genotoxic stress in plant cells are mediated through reactive oxygen intermediates. **Mutagenesis**, v. 25, n. 2, p. gep063–209, 2009.

BHOWMIK, N.; PATRA, M. Assessment of genotoxicity of inorganic mercury in rats in vivo using both chromosomal aberration and comet assays. **Toxicology and Industrial Health**, p. 1- 7, 2013. DOI: 10.1177/0748233712469656.

BORBA, C. E.; GUIRARDELLO, R.; SILVA, E. A.; VEIT, M. T.; TAVARES, C. R. G. Removal of nickel(II) ions from aqueous solution by biosorption in a fixed bed column: Experimental and theoretical breakthrough curves. **Biochemical Engineering Journal**, v. 30, n. 2, p. 184–191, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Política nacional de saúde ambiental para o setor saúde. Brasília: Secretaria de Políticas de Saúde, 1999.

CARMONA, E. R.; CREUS, A.; MARCOS, R. Genotoxic effects of two nickel-compounds in somatic cells of *Drosophila melanogaster*. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 718, n. 1-2, p. 33–37, 2011.

CHAPMAN, D. **Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring - Second Edition**. 2nd ed. London: E&FN Spon - Chapman & Hall, 1996.

CETESB, **Relatório de qualidade de águas superficiais no estado de São Paulo - 2009**, São Paulo, 310 p., 2010.

CETESB, 2012. FIT – Ficha de informação toxicológica. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/fit/bario.pdf>. Acesso em 14/10/2014.

CETESB, **Águas superficiais – Variáveis de qualidade das águas. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**. 2014. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/Águas-Superficiais/34-Variáveis-de-Qualidade-das-Águas>.

CHAU, N.; BENAMGHAR, L.; PHAM, Q. T.; et al. Mortality of iron miners in Lorraine (France): relations between lung function and respiratory symptoms and subsequent mortality. **British journal of industrial medicine**, v. 50, n. 11, p. 1017–1031, 1993.

CHINDE, S.; KUMARI, M.; DEVI, K. R.; et al. Assessment of genotoxic effects of lead in occupationally exposed workers. **Environmental science and pollution research international**, v. 21, n. 19, p. 11469–11480, 2014.

DRUMOND, A.A. Estudo em bancada da interferência na aplicação de resíduo de ETA no sistema de tratamento de esgoto. Dissertação apresentada junto ao programa de Mestrado em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Rio de Janeiro, 2013. 72p.

FRONTALINI, F.; COCCIONI, R. Benthic foraminifera as bioindicators of pollution: A review of Italian research over the last three decades. **Revue de Micropaléontologie**, v. 54, n. 2, p. 115–127, 2011.

FU, F.; WANG, Q. Removal of heavy metal ions from wastewaters: a review. **Journal of Environmental Management**, 2011.

GOUVEIA, N. Saúde e meio ambiente nas cidades: os desafios da Saúde Ambiental. *Saúde e Sociedade* 8(1): 49-61. 1999.

J, M.; SINHA, S.; GHOSH, M.; MUKHERJEE, A. Evaluation of multi-endpoint assay to detect genotoxicity and oxidative stress in mice exposed to sodium fluoride. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 751, n. 1, p. 59–65, 2013.

JOMOVA, K.; JENISOVA, Z.; FESZTEROVA, M.; et al. Arsenic: toxicity, oxidative stress and human disease. **Journal of Applied Toxicology**, v. 31, p. 95-107, 2011.

KANG, N.; KANG, H.-I.; AN, K.-G. Analysis of Fish DNA Biomarkers as a Molecular-Level Approach for Ecological Health Assessments in an Urban Stream. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, p. 1–6, 2014.

KHEZAMI, L.; CAPART, R. Removal of chromium(VI) from aqueous solution by activated carbons: Kinetic and equilibrium studies. **Journal of Hazardous Materials**, v. 123, n. 1-3, p. 223–231, 2005.

KUMAR, V.; GILL, K. D. Oxidative stress and mitochondrial dysfunction in aluminium neurotoxicity and its amelioration: A review. *NeuroToxicology*, v. 41, p. 154-166, 2014.

LARSON, J. H.; MAKI, R. P.; KNIGHTS, B. C.; GRAY, B. R. Can mercury in fish be reduced by water level management? Evaluating the effects of water level fluctuation on mercury accumulation in yellow perch (*Perca flavescens*). **Ecotoxicology**, v. 23, n. 8, p. 1555–1563, 2014.

LE MOS, C. T. DE; RÖDEL, P. M.; TERRA, N. R.; OLIVEIRA, N. C. D. DE; ERDTMANN, B. River water genotoxicity evaluation using micronucleus assay in fish erythrocytes. *Ecotoxicology & Environmental Safety*, v. 66, n. 3, p. 391–401, 2007.

LIMA, P.; VASCONCELLOS, M.; MONTENEGRO, R.; et al. Genotoxic effects of aluminum, iron and manganese in human cells and experimental systems: A review of the literature. **Human & Experimental Toxicology**, v. 30, n. 10, p. 1435–1444,

2011.

MANSOURI, B.; EBRAHIMPOUR, M.; BABAEI, H. Bioaccumulation and elimination of nickel in the organs of black fish (*Capoeta fusca*). **Toxicology and Industrial Health**, v. 28, n. 4, p. 361–368, 2012.

MIR, M. I.; KHAN, S.; BHAT, S. A.; et al. Scenario of Genotoxicity in Fishes and Its Impact on Fish Industry. **IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology**, v. 8, n. 6, p. 65–76, 2014.

OLIVEIRA, J. P. W.; SANTOS, R. N. D.; BOEIRA, J. M. Genotoxicidade e Análises Físico- Químicas das águas do Rio dos Sinos (RS) usando *Allium cepa* e *Eichhornia crassipes* como

bioindicadores. **BBR - Biochemistry and Biotechnology Reports**, v. 1, n. 1, p. 15–22, 2012.

ORLOFF, K.; MISTRY, K.; METCALF, S. Biomonitoring for Environmental Exposures to Arsenic. **Journal of Toxicology and Environmental Health-Part B-Critical Reviews**, v. 12, n. 7, p. 509–524, 2009.

OSIBANJO, O.; DASO, A. P.; GBADEBO, A. M. The impact of industries on surface water quality of River Ona and River Alaro in Oluyole Industrial Estate, Ibadan, Nigeria. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 4, p. 696–702, 2011.

OYARO, N.; JUDDY, O.; MURAGO, E. N. M.; GITONGA, E. The contents of Pb, Cu, Zn and Cd in meat in Nairobi, Kenya. **Journal Of Food Agriculture And Environment**, v. 5, n. 3- 4, p. 119-121, 2007.

PAULINO, A. T.; MINASSE, F. A. S.; GUILHERME, M. R.; et al. Novel adsorbent based on silkworm chrysalides for removal of heavy metals from wastewaters. **Journal of colloid and interface science**, v. 301, n. 2, p. 479–487, 2006.

RADIĆ, S.; STIPANIČEV, D.; VUJČIĆ, V.; et al. The evaluation of surface and wastewater genotoxicity using the *Allium cepa* test. *Science of the Total Environment*, The, v. 408, n. 5, p. 1228–1233, 2010.

RIBEIRO, H. Saúde Pública e Meio Ambiente: evolução do conhecimento e da prática, alguns aspectos éticos. *Saúde e Sociedade* v.13, n.1, p.70-80, 2004.

ROSEN, G. A history of public health. New York: MD Publications, 1958. 551p.

SAKLY, A.; AYED, Y.; CHAARI, N.; et al. Assessment of chromosomal aberrations and micronuclei in peripheral lymphocytes from tunisian hospital workers exposed to ionizing radiation. *Genetic testing and molecular biomarkers*, v. 17, n. 9, p. 650–655, 2013.

THYBAUD, V.; AARDEMA, M.; CLEMENTS, J.; et al. Strategy for genotoxicity testing: Hazard identification and risk assessment in relation to in vitro testing. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, v. 627, n. 1, p. 41–58, 2007.

USEPA - US. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Spacecraft Water Exposure Guidelines for Selected Contaminants: Volume 2**. National Academy Press, 2006.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Creating health cities in the 21st century*. Geneva, 1996. (WHO/EOS/96.9).

ŽEGURA, B.; HEATH, E.; ČERNOŠA, A.; FILIPIČ, M. Combination of in vitro bioassays for the determination of cytotoxic and genotoxic potential of wastewater, surface water and drinking water samples. *Chemosphere*, v. 75, p. 1453–1460, 2009.