

Ecotoxicidade de efluentes para organismos aquáticos

Ecotoxicity of effluents to aquatic organisms

Ecotoxicidad de efluentes para organismos acuáticos

Letícia Amadeu Freddi

Mestranda do PPGE, UNESP – Ilha Solteira/SP, Brasil.
leticiaamadeu@gmail.com

Juliana Heloisa Pinê Américo-Pinheiro

Professora Doutora do PPGE, UNESP – Ilha Solteira/SP, Brasil.
americo.ju@gmail.com

RESUMO

As análises físico-químicas geralmente empregadas para avaliar a qualidade do tratamento de efluentes não são suficientes para caracterizar a toxicidade do mesmo. Com o uso do teste ecotoxicológico, é possível avaliar a toxicidade do efluente como um todo, englobando todos os seus constituintes químicos. Portanto, o objetivo desse trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre os principais aspectos associados a ecotoxicidade de efluentes líquidos da indústria têxtil, da indústria farmacêutica e efluente hospitalar, e de vinhaça de cana-de-açúcar. Pelos estudos do efluente da indústria têxtil, fica evidenciado que a análise dos parâmetros físico-químicos e biológicos devem ser complementares e indispensáveis. A utilização de organismos testes de níveis tróficos diferentes também é interessante para identificar o organismo mais sensível e ter uma resposta mais clara quanto ao potencial tóxico do efluente. Para efluentes de indústria farmacêutica, é notório que a combinação de substâncias químicas é muito mais tóxica para os organismos do que as mesmas substâncias aplicadas separadamente. Por fim, uso da vinhaça de cana-de-açúcar como fertilizante deve ser usado com cautela, pois pode causar alterações morfológicas nos peixes. Assim, recomenda-se fazer um pré-tratamento deste efluente para reduzir o seu potencial tóxico.

PALAVRAS-CHAVE: Têxtil. Farmacêutica. Vinhaça de cana-de-açúcar.

ABSTRACT

The physico-chemical analyzes generally used to evaluate the quality of effluent treatment are not sufficient to characterize the effluent toxicity. The using of the ecotoxicological test, it is possible to evaluate the toxicity of the effluent as a whole, encompassing all its chemical constituents. Therefore, the aim of this work was to carry out a bibliographic review on the main aspects associated with the ecotoxicity of liquid effluents from the textile industry, the pharmaceutical industry and hospital effluent, and sugarcane vinasse. The studies of the effluent of the textile industry show that the analysis of physico-chemical and biological parameters must be complementary and indispensable. The use of test organisms of different trophic levels is also interesting to identify the most sensitive organism and to have a clearer answer as to the toxic potential of the effluent. For effluents from the pharmaceutical industry, it is well known that the combination of chemicals is much more toxic to organisms than the same substances applied separately. Finally, the use of sugarcane vinasse as fertilizer should be used with caution, because it may cause morphological changes in fish. Therefore, it is recommended to pretreat this effluent to reduce its toxic potential.

KEY-WORDS: Textile. Pharmaceutical. Sugar cane vinasse.

RESUMEN

Los análisis físico-químicos generalmente utilizados para evaluar la calidad del tratamiento de efluentes no son suficientes para caracterizar la toxicidad del mismo. Con el uso del test ecotoxicológico, es posible evaluar la toxicidad del efluente como un todo, englobando todos sus constituyentes químicos. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue realizar una revisión bibliográfica sobre los principales aspectos asociados a la ecotoxicidad de efluentes líquidos de la industria textil, de la industria farmacéutica y efluente hospitalario, y de vinaza de caña de azúcar. Por los estudios del efluente de la industria textil, queda evidenciado que el análisis de los parámetros físico-químicos y biológicos deben ser complementarios e indispensables. La utilización de organismos pruebas de niveles tróficos diferentes también es interesante para identificar el organismo más sensible y tener una respuesta más clara en cuanto al potencial tóxico del efluente. Para los efluentes de la industria farmacéutica, es notorio que la combinación de sustancias químicas es mucho más tóxica para los organismos que las mismas sustancias aplicadas por separado. Por último, el uso de la vinaza de caña de azúcar como fertilizante debe ser usado con cautela, pues puede causar alteraciones morfológicas en los peces. Por lo tanto, se recomienda hacer un pretratamiento de este efluente para reducir su potencial tóxico.

PALABRAS CLAVE: Textil. Farmacéutica. Vinaza de caña de azúcar.

1 INTRODUÇÃO

Desde o ano de 1976, a legislação brasileira controla as características dos efluentes líquidos, baseado em análises químicas. Nesta época, acreditava-se que analisar as substâncias individualmente seria suficiente para preservar a vida aquática dos corpos hídricos receptores dos efluentes (BERTOLETTI, 2013).

As análises químicas de efluentes não são capazes de indicar os impactos causados pelos poluentes, pois não demonstram os efeitos sobre o ecossistema. Somente os sistemas biológicos podem detectar os efeitos tóxicos das substâncias e estimar o grau de impacto que a mesma pode causar no corpo receptor (ARENZON, 2011). Portanto, a estratégia mais eficiente para uma caracterização e controle destes efluentes, é o uso integrado de análises físicas, químicas e ecotoxicológicas (BERTOLETTI, 1990 *apud* CASTRO, 2008).

As análises ecotoxicológicas vêm sendo empregadas no monitoramento de efluentes industriais com o intuito de melhor avaliar a toxicidade das substâncias químicas presentes no efluente e os seus impactos no meio aquático. Existem muitos tipos de indústrias que lançam efluentes líquidos nos corpos d'água, entre elas, pode-se citar a indústria de papel e celulose, farmacêutica, têxtil, curtumes, alimentícia, galvanoplastia, de plásticos, química e petroquímica (PEDROZO, 1995 *apud* CASTRO, 2008).

Como essas indústrias lançam uma variedade muito grande de substâncias, é analítica e economicamente inviável a identificação e análise de todas elas. Com o uso do teste ecotoxicológico, é possível avaliar a toxicidade do efluente como um todo, englobando todos os seus constituintes químicos, além de detectar o efeito tóxico resultante das interações entre essas substâncias químicas (CASTRO, 2008; BERTOLETTI, 2013).

Portanto, o objetivo desse trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre os principais aspectos associados a ecotoxicidade de efluentes líquidos da indústria têxtil, da indústria farmacêutica e efluente hospitalar, e de vinhaça de cana-de-açúcar.

2 EFLUENTE DE INDÚSTRIA TÊXTIL

O efluente gerado na indústria têxtil tem composição variada e complexa, geralmente são tóxicos e não biodegradáveis. A não biodegradabilidade se deve pela concentração de

substâncias orgânicas e a alta concentração de corantes, surfactantes e aditivos (RUBINGER, 2009). As substâncias orgânicas podem ser removidas por processos biológicos, enquanto a cor tem que ser removida pelo uso de processos físico-químicos. Embora a cor não seja uma ameaça ao meio ambiente, ela não é esteticamente aceitável. Por isso, as empresas acabam optando pelo uso de cloro, sulfato de alumínio, polímeros, entre outros, para remover a cor (ASSELBORN; DOMITROVIC, 2002).

No estudo realizado por Asselborn e Domitrovic (2002) foram avaliados os efeitos do efluente de uma indústria têxtil sobre as algas presentes na lagoa onde esse efluente era lançado após ser tratado. Para avaliar a toxicidade do efluente foram realizados ensaios com duas espécies de microalgas, a *Pseudokirchneriella subcapitata* e *Ankistrodesmus gracilis*. Os ensaios apresentaram uma duração de 96 horas, mas nas primeiras 24 horas observou-se uma inibição do crescimento de ambas as espécies no ensaio com concentração de 100% do efluente.

Segundo Asselborn e Domitrovic (2002), a maior porcentagem de inibição do crescimento, cerca de 98%, foi registrada ao final das 96 horas de exposição nas concentrações de 75 e 100% de efluente, para ambas as espécies de microalgas. Este estudo repetiu o ensaio fazendo a neutralização do pH, uma vez que no primeiro ensaio, o pH chegou a 14, e foi levantada a hipótese que ele seria uma das causas para as elevadas porcentagens de inibição do crescimento. Porém, pode-se constatar que no ensaio com a neutralização de pH, obteve-se resultados semelhantes ao realizado anteriormente, mostrando que o pH não é um fator relevante para este caso. Por fim, dada a importância das algas na cadeia trófica, é preocupante a alteração que esse tipo de efluente pode causar para toda a comunidade aquática.

Ainda na tentativa de se investigar os principais causadores de toxicidade no efluente têxtil, o estudo de Villegas-Navarro et al. (1999) avaliaram a toxicidade do efluente para o microcrustáceo *Daphnia magna* modificando os parâmetros físico-químicos separadamente, a fim de determinar a CL_{50} para cada parâmetro. Quando determinado a CL_{50} para o pH, foi possível observar que o valor obtido de 9,5 era um valor ligeiramente acima do considerado ideal para a *D. magna*. Assim, o que causou a mortalidade foi na verdade a baixa concentração de Ca e Mg, que foram precipitados devido a redução da dureza, causado pelo aumento do pH. Isto reforça a ideia da complexidade desses efluentes e a existência das correlações entre os parâmetros. Ao final do ensaio, os autores concluíram que, para as 5 indústrias testadas, a

toxicidade do efluente de 4 delas estava associada aos parâmetros físico-químicos e não a uma toxina química específica.

A toxicidade aguda do efluente de uma indústria têxtil no Estado de Santa Catarina para o microcrustáceo *D. magna*, para o peixe *Poecilia reticulata* e para a bactéria *Vibrio fischeri* foi avaliada por Baptista et al. (2002). De acordo com os autores, a bactéria foi o organismo mais sensível à toxicidade dentre os organismos testados. Para os outros dois organismos o efluente tratado não foi considerado tóxico. Com isso, foi possível concluir que para uma boa avaliação da toxicidade de um efluente é preciso testar organismos de vários níveis tróficos.

A maioria dos estudos de ecotoxicidade com efluentes industriais avalia os efeitos do efluente antes e depois do tratamento. Em muitos casos, o efluente tratado é de fato menos tóxico que o não tratado. Porém, isto não significa que o sistema de tratamento empregado entrega um efluente não tóxico para organismos aquáticos. Assim, pode-se dizer que as lagoas de tratamento não são totalmente eficientes quanto à remoção de toxicidade (VILLEGAS-NAVARRO et al., 1999)

Com isso, é possível afirmar que um sistema de tratamento pode ser eficiente quanto à remoção de carga orgânica e parâmetros físico-químicos, mas incapaz de remover toxicidade. Portanto, ao se definir os critérios de avaliação de qualidade e eficiência de um sistema de tratamento de efluentes, os parâmetros físico-químicos e biológicos devem ser complementares e indispensáveis.

3 EFLUENTE DE INDÚSTRIA FARMACÊUTICA E HOSPITALAR

Os efluentes hospitalares são uma fonte de fármacos e outros compostos químicos em ambientes aquáticos. Assim como em outros tipos de efluentes, os bioensaios ecotoxicológicos fornecem provas diretas de toxicidade e permitem indicar o potencial tóxico da mistura de um efluente, com vários compostos combinados. (LI; LIN, 2015).

Li e Lin (2015) desenvolveram um estudo que investigou a toxicidade aguda das águas residuais de um hospital em Taiwan e águas superficiais que recebiam este efluente hospitalar tratado. Para os teste de toxicidade aguda nas águas residuais do hospital estudado foram utilizados 4 organismos aquáticos (2 vertebrados: *Cyprinus carpio* e *Pseudorasbora parva* e 2 invertebrados: *D. magna* e *Neocaridina denticulate*). As águas residuais brutas apresentaram

toxicidade aguda para os organismos vertebrados, sendo o *C. carpio* o organismo mais sensível testado.

A fim de analisar o potencial tóxico da mistura de várias substâncias, foi feita uma solução com dezenove produtos farmacêuticos detectados em concentrações significativas, tanto na água bruta quanto nos efluentes do hospital, são eles: sulfametoxazol, tetraciclina, cafeína, pentoxifilina, acetaminofeno, ciprofloxacina, ofloxacina, cefalexina, cefadina, cefapirina, cefazolina, naproxeno, ketoprofeno, diclofenaco, piroxicam, gemfibrozil, salbutamol, propranolol e atenolol. Esta mistura de 19 fármacos foi testada para o *C. carpio*, obtendo-se um valor de CL_{50} de 60,68 mg/L após 96 h (3,19 mg/L para cada substância). Testes com o mesmo organismo utilizando cada composto separadamente a concentração de 3,19 mg/L também foram feitos e foi possível observar que esta concentração não causou nenhuma morte, no entanto, quando essas substâncias foram combinadas, metade dos peixes foram mortos. Os resultados demonstram que a toxicidade da mistura de fármacos é sinérgica. À medida que a concentração farmacêutica individual aumentou para 60,68 mg/L, todos os peixes novamente sobreviveram exceto aqueles na solução de propranolol, indicando que este pode ser o composto mais tóxico dos 19 produtos farmacêuticos (LI; LIN, 2015).

Em um outro estudo realizado por Geiger, Hornek-gausterer e Saçan (2016), foram realizados experimentos de toxicidade de produtos farmacêuticos individuais e combinados utilizando a alga de água doce *Chlorella vulgaris*. Os produtos farmacêuticos selecionados foram ibuprofeno e ciprofloxacina, e clorofenóis (2,4-diclorofenol (2,4-DCP) e 3-clorofenol (3-CP). Com relação aos testes utilizando as substâncias individualmente, os resultados da CL_{50} foram menores que 100 mg/L após o período de exposição de 96 h. O composto mais tóxico para *C. vulgaris* foi o 2,4-DCP, seguido da ciprofloxacina, 3-CP e ibuprofeno. Pode-se concluir que os efeitos tóxicos da mistura de todos os produtos químicos testados para *C. vulgaris* são maiores do que o efeito individual de cada componente da mistura. O fato da combinação de substâncias ser mais tóxico do que os compostos separadamente também foi comprovada pelo estudo realizado por Li e Lin (2015).

Dentro do efluente hospitalar, Machado et al. (2014) estudou especificamente sobre o efluente de hemodiálise. Na análise físico-química constatou-se que os efluentes de hemodiálise apresentaram altas concentrações de nitritos, fosfatos, sulfatos, amônia e nitrogênio total, além de alta condutividade, turbidez, salinidade, demanda bioquímica e química de oxigênio,

superando os limites definidos na Resolução CONAMA 430/2011.

Ensaio de toxicidade aguda foram realizados com *D. magna* e o protista *Euglena gracilis*. Os resultados são dados como fração percentual após a diluição do efluente bruto. O valor da CE_{50} para *D. magna* foi de 86,91% do controle não diluído, classificando esse efluente como um poluente de risco médio. Para *E. gracilis* diferentes parâmetros fisiológicos foram observados, como motilidade, precisão de orientação gravitacional, compacidade, movimento ascendente e alinhamento, chegando assim ao valor médio de 76,90% para a CE_{50} , o que é similar ao encontrado para a *D. magna* (MACHADO et al., 2014).

Os ensaios de toxicidade crônica foram desenvolvidos para a *D. magna*, onde chegou-se aos valores de concentração de efeito não observado (CENO) de 72,97% e concentração de efeito observado (CEO) de 94,66%. Estes resultados fazem com que este efluente seja classificado como um contaminante de médio risco. Sendo assim, pode-se dizer que o efluente gerado pela hemodiálise é moderadamente tóxico e pode causar riscos de contaminação se for descartado sem tratamento adequado no meio ambiente. Esta preocupação envolve principalmente as cidades que não possuem sistemas de tratamento de esgotos (MACHADO et al., 2014).

Com relação às toxicidades das águas residuais de indústrias farmacêuticas, vários estudos verificaram a eficiência do tratamento quanto a redução de toxicidade. Um desses estudos foi o desenvolvido por Yu et al. (2014) que teve como objetivo avaliar a qualidade do tratamento empregado nas águas residuais por meio dos parâmetros convencionais de poluição e por testes de toxicidades aguda e crônica para a alga *Scenedesmus obliquus* e a bactéria *Vibrio fischeri*. Neste trabalho, foram analisadas 16 sistemas de tratamento de águas residuais farmacêuticas na China.

Quanto à análise físico-química, os resultados indicaram que o tratamento empregado removeu significativamente os parâmetros: sólidos totais suspensos, demanda química de oxigênio (DQO), amônia e fósforo total. Embora a remoção tenha sido significativa, os valores de DQO e fósforo total continuam acima dos limites estabelecidos pelas normas chinesas, fazendo destes parâmetros os principais poluentes deste efluente. Quanto aos testes de toxicidade, os resultados indicaram que as amostras brutas eram tóxicas para ambas as espécies do teste. No entanto, a toxicidade crônica para *S. obliquus* e a toxicidade aguda para *V. fischeri* de águas residuais farmacêuticas podem ser amplamente reduzidas após o tratamento. Ainda assim, 10 das 16 amostras de efluentes testadas excederam o limite de

descarga de toxicidade aguda impostas pelas normas nacionais chinesas (YU et al., 2014).

A bactéria *V. fischeri* detectou mais amostras de efluentes farmacêuticas com toxicidade, sendo, portanto, um organismo mais sensível para este poluente. Yu et al. (2014) fez ainda uma análise de correlação de classificação de Spearman, onde foi possível verificar que os indicadores de toxicidade estavam significativamente e positivamente correlacionados com as concentrações de DQO e amônia. Por fim, é sugerido o uso das bactérias *V. fischeri* para monitoramento de toxicidade de águas residuais farmacêuticas tratadas, uma vez que o teste com estas bactérias luminescentes é um método rápido e sensível.

O estudo realizado por Ma et al. (2016) reafirma a ideia de Yu et al. (2014), quanto ao que se refere a rapidez e sensibilidade de testes de toxicidade utilizando bactérias bioluminescentes para avaliar efluentes farmacêuticos. Neste estudo foi utilizada a bactéria bioluminescente *Vibrio qinghaiensis* e verificou-se que os indicadores de toxicidade foram significativamente e positivamente correlacionados com as concentrações de sólidos suspensos totais, nitrogênio total, fósforo total e demanda química de oxigênio.

4 EFLUENTE AGRÍCOLA – VINHAÇA DE CANA-DE-AÇÚCAR

A transformação da cana em etanol gera como principal resíduo a vinhaça. Este resíduo é potencialmente poluente tanto para o ecossistema terrestre como para o ecossistema aquático. Isto se deve as características físico-químicas da vinhaça das quais se pode citar o alto teor de conteúdo orgânico (DQO), alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO), baixo pH, além de ser um resíduo produzido em grande quantidade. A cada litro de etanol produzido são gerados cerca de 15 L de vinhaça. Esse volume fez com que se buscassem alternativas de utilização deste subproduto. A prática da fertirrigação tem várias vantagens, no entanto, seu uso descontrolado pode apresentar prejuízos aos ecossistemas aquáticos (CHRISTOFOLETTI et al., 2013).

O estudo desenvolvido por Correia et al. (2017) avaliou a toxicidade da vinhaça analisando as brânquias de tilápias (*Oreochromis niloticus*) expostas a diluições (1%, 2,5%, 5% e 10%) em bioensaios. Por meio da análise das brânquias, observou-se uma redução dos sulcos presentes na superfície das células pavimentadas. Estas estruturas são responsáveis pela retenção de muco, que ajuda a proteger o tecido. Além disso, observou-se uma intumescência das células nos tratamentos com vinhaça, bem como um aumento na quantidade de células clorídicas. Foi

observada alterações nos tecidos como descolamento epitelial e perda de integridade das lamelas secundárias, causando sua ruptura e consequente hemorragia (CORREIA et al., 2017).

Com isso, Correia et al. (2017), concluiu que a vinhaça apresenta potencial tóxico e citotóxico em ambientes aquáticos. Esta afirmação é baseada nas altas taxas de mortalidade observadas nas diluições mais altas, nas alterações morfológicas no tecido branquial e também pelo aumento significativo de células mucosas para todas as diluições de vinhaça testadas.

De acordo com Marinho et al. (2014), a presença de vinhaça em ambientes aquáticos tem potencial citotóxico para células do fígado do peixe *O. niloticus*. Foram realizados dois bioensaios, sendo que no primeiro, todos os indivíduos expostos a diluições de vinhaça a 5% e 10% morreram após 48 h de experimento. No entanto, no segundo bioensaio, a mortalidade de peixes caiu, apresentando mortalidade em 60% dos peixes na diluição de vinhaça a 10%. De acordo com Marinho et al. (2014), a mortalidade de peixes nas maiores concentrações pode ser explicada pela alta carga orgânica, DBO e DQO da vinhaça, esgotando o oxigênio na água e levando à mortalidade dos peixes. Outros fatores como o alto teor de potássio, o baixo pH e a presença de diferentes metais também podem ter contribuído para fazer da vinhaça uma substância tóxica para a tilápia.

Portanto, o uso da vinhaça de cana-de-açúcar para a prática de fertirrigação deve ser realizada com cautela, uma vez que ela pode ser lixiviada para os rios ou infiltradas chegando até o lençol freático, causando danos extremamente prejudiciais para a fauna aquática. Uma das maneiras de continuar a utilização da vinhaça no campo é submetendo este resíduo a um tratamento prévio antes de ser aplicado em culturas como fertilizante. Estudos estão sendo desenvolvidos com o objetivo de se obter um tratamento eficiente, sendo que a prioridade é a saúde do ecossistema aquático. Assim, o critério de qualidade do sistema é a redução da ecotoxicidade do efluente após o tratamento empregado.

Guedes et al. (2016) desenvolveu um pré-tratamento para vinhaça utilizando a macrófita *Eichhornia crassipes* para fazer a fitorremediação e avaliou a toxicidade do efluente tratado para tilápia (*Oreochromis niloticus*). A vinhaça foi fitorremediada por 7 e 15 dias, sendo que para os testes com a tilápia utilizou-se este efluente tratado a 5% de diluição por 96 h. Com os testes, foi possível observar que a fitorremediação da vinhaça com as macrófitas foi eficaz na redução da sua toxicidade, sendo mais eficaz após 15 dias de tratamento, onde as anormalidades nucleares em tilápias foram bem inferiores aos encontradas no controle com

vinhaça *in natura*.

Portanto, para que a vinhaça continue sendo aplicada no solo como fertirrigação, esta deve passar por um pré-tratamento a fim de eliminar ou pelo menos reduzir a toxicidade que esta pode causar nos organismos aquáticos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os efluentes gerados pelas indústrias podem ser altamente tóxicos para o ecossistema aquático mesmo recebendo tratamento antes de ser despejado no curso d'água. As análises físico-químicas geralmente empregadas para avaliar a qualidade do tratamento adotado não são suficientes para caracterizar a toxicidade do mesmo. Assim, as análises ecotoxicológicas devem ser realizadas em conjunto.

Quanto aos organismos utilizados para a realização dos testes de toxicidade, é interessante utilizar organismos de vários níveis tróficos e desenvolver pesquisas para se chegar no organismo mais sensível. É notório que as bactérias vem ganhando cada vez mais destaque, uma vez que são sensíveis e apresentam resultados mais rápidos, de 30 minutos a 2 dias.

Como visto, principalmente para efluentes de indústria farmacêutica, a combinação de substâncias químicas é muito mais tóxica para os organismos do que as mesmas substâncias aplicadas separadamente. Isto mostra a complexidade do efluente e como a combinação de compostos pode potencializar a toxicidade do efluente.

Para a vinhaça de cana-de-açúcar, as principais preocupações são as alterações morfológicas que ela pode causar nos peixes. Por isso, esse fertilizante deve ser usado com cautela. Uma boa alternativa é realizar um pré-tratamento deste efluente antes de aplicado na agricultura, a fim de reduzir o seu potencial tóxico para a biota aquática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARENZON, A. Manual sobre toxicidade em efluentes industriais. Federação das Indústrias do Rio Grande do Sul – FIERGS. Conselho de Meio Ambiente – CODEMA. 40 p. Porto Alegre, 2011.

ASSELBORN, V. M; DOMITROVIC, Y. Z. de. Aplicación de bioensayos algales uniespecificos para evaluar los efectos de um efluente textil y la calidad del agua de uma laguna receptora (Corrientes, Argentina). In: ESPINDOLA, E. L. G. et al. *Ecotoxicologia: Perspectivas para o século XXI*. São Carlos. RiMa, 2002.

BAPTISTA, I. E. et al. Avaliação da toxicidade aguda de efluentes de uma indústria têxtil utilizando *Daphnia magna*, *Poecilia reticulata* e *Vibrio fischeri* como bioindicadores. In: ESPINDOLA, E. L. G. et al. **Ecotoxicologia: Perspectivas para o século XXI**. São Carlos. RiMa, 2002.

BERTOLETTI, E. Controle ecotoxicológico de efluentes líquidos no estado de São Paulo. CETESB Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 42 p. 2ª ed. São Paulo, 2013.

CASTRO, A. A. A. S. de. **Avaliação ecotoxicológica de efluentes industriais utilizando Danio rerio Hamilton-Buchanan, 1822 (TELEOSTEI, CYPRINIDAE)**. 2008. 64 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Bioecologia Aquática, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. 2011. Resolução n. 430 - Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

CORREIA, J.E. et al. Histopathological analysis of tilapia gills (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) exposed to sugarcane vinasse. **Ecotoxicology And Environmental Safety**, [s.l.], v. 135, p.319-326, jan. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.10.004>.

CHRISTOFOLETTI, C. A. et al. Sugarcane vinasse: Environmental implications of its use. **Waste Management**, [s.l.], v. 33, n. 12, p.2752-2761, dez. 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2013.09.005>.

GEIGER, E.; HORNEK-GAUSTERER, R.; SAÇAN, M. T. Single and mixture toxicity of pharmaceuticals and chlorophenols to freshwater algae *Chlorella vulgaris*. **Ecotoxicology And Environmental Safety**, [s.l.], v. 129, p.189-198, jul. 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.03.032>.

GUEDES, T. A. et al. Evaluation of phytoremediated sugarcane vinasse toxicity by micronucleus test in tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Toxicology Letters**, [s.l.], v. 259, p.98-98, out. 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.toxlet.2016.07.245>.

LI, S.; LIN, A. Y. Increased acute toxicity to fish caused by pharmaceuticals in hospital effluents in a pharmaceutical mixture and after solar irradiation. **Chemosphere**, [s.l.], v. 139, p.190-196, nov. 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.06.010>.

MA, K. et al. Toxicity evaluation of wastewater collected at different treatment stages from a pharmaceutical industrial park wastewater treatment plant. **Chemosphere**, [s.l.], v. 158, p.163-170, set. 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.05.052>.

MACHADO, C. K. et al. Potential environmental toxicity from hemodialysis effluent. **Ecotoxicology And Environmental Safety**, [s.l.], v. 102, p.42-47, abr. 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.01.009>.

MARINHO, J. F. U. et al. Sugar cane vinasse in water bodies: Impact assessed by liver histopathology in tilapia. **Ecotoxicology And Environmental Safety**, [s.l.], v. 110, p.239-245, dez. 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.09.010>.

RUBINGER, C. F. **Seleção de métodos biológicos para avaliação toxicológica de efluentes industriais**. 2009. 90 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós - Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos., Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

VILLEGAS-NAVARRO, A. et al. Evaluation of *Daphnia magna* as an indicator of toxicity and treatment efficacy of textile wastewaters. **Environment International**, v. 25, n. 5, p.619-624, mar. 1999.

YU, X. et al. Toxicity evaluation of pharmaceutical wastewaters using the alga *Scenedesmus obliquus* and the bacterium *Vibrio fischeri*. **Journal Of Hazardous Materials**, [s.l.], v. 266, p.68-74, fev. 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.12.012>.