

“*Toxicity Identification Evaluation (TIE)*”: uma nova abordagem no Monitoramento Ambiental de Efluentes Industriais.

Luiz Eduardo Botelho Pires* e Maria Beatriz Bohrer-Morel†

Resumo ? Uma das principais técnicas para Monitoramento Ambiental de Efluentes Industriais, conhecida como *TIE* (“*Toxicity Identification Evaluation*”), vem sendo implantada e desenvolvida nos mais importantes pólos industriais dos Estados Unidos e Europa. Essa técnica objetiva a separação dos principais grupos de compostos dos efluentes, possibilitando uma melhor análise quanto à toxicidade da amostra. Desse modo o Monitoramento Físico-Químico, realizado atualmente pelas empresas, é complementado pelo Monitoramento Ecotoxicológico, em conjunto com o *TIE*. Essa combinação vem apresentando resultados satisfatórios em diversos segmentos industriais, pois o trabalho final resulta em uma Avaliação de Risco, ferramenta importante para o Gerenciamento Ambiental.

Palavras-chave ? Monitoramento Ambiental, *TIE* (“*Toxicity Identification Evaluation*”), Ecotoxicologia, Bioensaios.

I. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento das tecnologias industriais, a capacidade do homem em modificar o meio ambiente tem aumentado cada vez mais. Considerando os ecossistemas aquáticos, observa-se que quase todo o espectro de atividades realizadas pela sociedade termina por gerar impactos, promovendo lentas e, às vezes, irreversíveis modificações.

Tais modificações têm como principal agente causador o homem, seja através de manipulações diretas do meio ambiente ou através de despejos de resíduos resultantes de seus diversos processos produtivos.

Objetivando a manutenção da qualidade dos ecossistemas aquáticos, e conseqüentemente da nossa própria qualidade de vida, o monitoramento ambiental vem se tornando uma forte ferramenta.

MONITORAMENTO AMBIENTAL

Quanto ao gerenciamento e controle de qualidade de efluentes industriais, observa-se que o monitoramento usual, realizado através do controle de parâmetros físicos e químicos, vem sendo complementado com programas de biomonitoramento, onde a realização de testes de toxicidade permite verificar o “stress” sofrido pelos organismos,

resultante de efeitos aditivos, antagônicos e sinérgicos dos agentes tóxicos presentes.

No Brasil, esta abordagem vem sendo implantada por órgãos governamentais, responsáveis pela proteção ambiental e controle da poluição, além de indústrias, universidades e institutos de pesquisas. No entanto, pode-se considerar ainda pequeno o número de instituições de pesquisa no país desenvolvendo projetos com este enfoque.

Essas metodologias incluem a realização de testes de toxicidade com organismos aquáticos, tanto em laboratório como em campo, prática já adotada em programas de monitoramento ambiental de muitos países. Os testes apresentam como objetivo a avaliação dos efeitos de substâncias que potencialmente podem provocar alterações na qualidade da água e sedimento, prejudicando a biota existente [1]-[2].

Deste modo, o monitoramento dos ecossistemas aquáticos, tradicionalmente realizado a partir da avaliação de parâmetros físicos e químicos, é complementado com informações sobre as respostas dos organismos frente a alterações ambientais, em laboratório ou “*in situ*”.

O biomonitoramento de caráter ecotoxicológico, ou seja, a partir da realização de testes de toxicidade, permite que a toxicidade de poluentes lançados nos ecossistemas aquáticos seja determinada, onde efeitos integrados de condições ambientais e contaminantes podem ser conhecidos [3].

Entre outras aplicações, verifica-se a importância de sua utilização no estabelecimento de critérios de qualidade de águas e sedimentos de modo a proteger a biota aquática, no monitoramento de efluentes industriais e áreas de influência, como também na avaliação da eficiência de sistemas de tratamento [4]-[5].

Estas duas últimas aplicações acham-se diretamente ligadas a programas de gerenciamento existentes nas indústrias minimizando as emissões de resíduos, de modo a atender os Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) e os requisitos legais previstos para descarte de efluentes.

A partir de conhecimento da qualidade do efluente final, o potencial tóxico dos mesmos pode ser conhecido. Estes dados, juntamente com as vazões do efluente e do corpo receptor, permitem realizar uma avaliação de risco.

* e-mail: lebpire@net.ipen.br

† e-mail: mbohrer@net.ipen.br

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CNEN

Centro de Química e Meio Ambiente – CQMA

Trabalho parcialmente financiado pelo CNPq. Processo nº 830615/1999-7

Esta abordagem pode ser complementada com a avaliação da qualidade da água e do sedimento dos ecossistemas aquáticos na área de influência da indústria, quando uma estimativa do impacto gerado pode ser conhecida.

II. OBJETIVOS

Integrando um programa de *Biomonitoramento*, essa técnica objetiva a Caracterização Ecotoxicológica do efluente final e posterior Fracionamento em grupos químicos conhecidos, a fim de possibilitar uma análise mais aprofundada quanto aos agentes tóxicos responsáveis pela toxicidade, visto ser resultante de diversas unidades de processo com características físico-químicas próprias.

III. METODOLOGIA

Utilizando os organismos como *biossensores*, o método tem como princípio expor indivíduos recém-nascidos à diluições conhecidas do efluente final ou a diferentes frações químicas, a fim de verificar o efeito tóxico.

A Tabela I apresenta os organismos utilizados, bem como o efeito observado para cada espécie.

TABELA I
ESPÉCIES UTILIZADAS NOS BIOENSAIOS, TIPO DE ORGANISMO E EFEITO OBSERVADO

ORGANISMO	TIPO DE ORGANISMO	EFEITO OBSERVADO
<i>Vibrio</i> sp. (MICROTOX [®])	Bactéria	Toxicidade Aguda
<i>Selenastrum capricornutum</i>	Alga	Toxicidade Crônica
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	Zooplâncton	Toxicidade Crônica
<i>Daphnia similis</i>	Zooplâncton	Toxicidade Aguda
<i>Danio rerio</i>	Peixe	Toxicidade Aguda

Após a Caracterização Ecotoxicológica e determinação do potencial tóxico do efluente, é realizado o Fracionamento. A Fig. 1 apresenta um esquema das etapas de avaliação da toxicidade do efluente.

Essa técnica é realizada segundo [6]-[7] e divide as amostras de efluente em grupos conhecidos, derivados dos processos de separação. Para essa separação são desenvolvidos processos de oxi-redução, adição de EDTA, aeração, separação em Colunas C18, filtração a vácuo, graduação e ajuste de pH.

A avaliação do potencial tóxico das frações obtidas fornece um padrão de toxicidade da matriz, podendo apontar o(s) principal(is) agente(s) tóxico(s). A partir dessa informação é possível verificar diretamente o processo de produção e determinar as possíveis alterações para que o efluente atenda os padrões de emissão regulamentados.

IV. RESULTADOS

Os resultados obtidos permitem realizar uma Análise de Risco, através do cruzamento de dados relativos à caracterização ecotoxicológica, avaliação do potencial tóxico das frações obtidas e dos dados limnológicos do sistema receptor, ou dos padrões de emissão da região.



Fig. 1. Monitoramento Ambiental, apresentando as etapas de Caracterização Ecotoxicológica e Fracionamento de Efluentes, objetivando a realização de uma Avaliação de Risco.

V. ESTUDO DE CASO

A Referência [8] apresenta um estudo com efluentes de uma indústria química no Sudeste da China. Os bioensaios foram realizados com *Daphnia magna* objetivando a identificação da fração líquida de maior potencial tóxico, segundo [6]-[7].

Os resultados da Fase I do *TIE* apontaram para a redução da toxicidade mediante o tratamento em Colunas C18 SPE, efeito não observado em nenhuma outra fração. Esse tratamento é utilizado para a remoção de compostos orgânicos apolares, que serão identificados na Fase II.

Na Fase II, a identificação dos possíveis tóxicos foi realizada pela injeção de uma solução metanólica dos compostos retidos na Coluna C18 em um GC/MS. Os resultados foram comparados com o banco de dados do equipamento, resultando na identificação de sete compostos.

Após o balanço de massas não foi necessário a realização da Fase III, responsável pela confirmação dos tóxicos, visto que o balanço de massas evidenciou como responsáveis pela toxicidade observada os seguintes compostos: clorobenzeno, nitrobenzeno, naftaleno, 1-cloro-3-nitrobenzeno, 1-cloro-4-nitrobenzeno, 2-naftol e anilina.

Pelo estudo apresentado, podemos concluir que o *TIE* foi eficiente na indicação de compostos orgânicos apolares nessas amostras, minimizando os custos com análises químicas convencionais em um curto período de tempo, necessário à realização dos testes.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Monitoramento Ambiental, geralmente realizado a partir de dados físicos e químicos, pode ser complementado com o Biomonitoramento e aplicação do *TIE*, apontando para resultados eficientes em curtos períodos e baixo custo.

Dessa forma, alterações ambientais geradas pela indústria podem ser estimadas e ações de mitigação e/ou remediação planejadas e executadas, de modo a atender as especificações do Sistema de Gestão Ambiental.

REFERÊNCIAS

- [1] SOCIETY OF ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY (SETAC – EUROPE). *Guidance document on sediment toxicity tests and bioassays for freshwater and marine environments*. HILL *et al.* (eds.) Netherlands: Workshop on Sediment Toxicity Assessment, 1993. 103 p.
- [2] RAND, G.M. *Fundamentals of aquatic toxicology. Effects, environmental fate and risk assessment*. Washington USA: Taylor & Francis, 1995. 1125p.
- [3] BOHRER, M.B.C. *Biomonitoramento das Lagoas de Tratamento Terciário dos Efluentes Líquidos Industriais (SITEL) do Pólo Petroquímico do Sul, Triunfo, RS, através da Comunidade Zooplânctônica*. 1995. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- [4] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). *Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater organisms*. 2.ed. Cincinnati, OH: EPA, 1989. EPA-600/4-89/001.250p.
- [5] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). *Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms*. 4.ed. Washington, D.C.: EPA, 1991. EPA - 600/4 - 90/027.293 p.
- [6] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). *Methods for Aquatic Toxicity Identification Evaluations. Phase I Toxicity Characterization Procedures*. 2.ed. Washington, D.C.: EPA, 1991. EPA - 600/6 - 91/003.
- [7] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). *Methods for Aquatic Toxicity Identification Evaluations. Phase II Toxicity Identification Procedures for Samples Exhibiting Acute and Chronic Toxicity*. Washington, D.C.: EPA, 1993. EPA - 600/R-92/080.
- [8] YANG, L.; YU, H.; YIN, D., *et al.* “Application of the simplified Toxicity Identification Evaluation procedures to a Chemical Works Effluent”, *Chemosphere*, vol. 38, n° 15, pp. 3571-3577, 1999.