

Influência do pré-tratamento do efluente de um Laboratório de Análises de Ligas Metálicas na sua Atividade Mutagênica, avaliada por bioensaios em plantas

Cristiane Campos de Souza

Programa de Mestrado em Tecnologia: Gestão, Desenvolvimento e Formação-
CEETEPS-SP-Brasil
criscampo@lycos.com

Lissa Padula

FATEC-Sorocaba - Brasil
lissa_padula@hotmail.com

Silvia Pierre Irazusta

Programa de Mestrado em Tecnologia: Gestão, Desenvolvimento e Formação-
CEETEPS-SP-Brasil
FATEC-Sorocaba - Brasil
spierre@fatecsorocaba.edu.br

Resumo – Os efluentes industriais são fontes de contaminação que contribuem para graves impactos ambientais. Este trabalho teve por objetivo mostrar a influência positiva do pré-tratamento do efluente de uma laboratório de ligas metálicas na redução da sua atividade mutagênica, avaliada pelo bioensaio com *Allium cepa*. Foi realizado o teste de produção de micronúcleos (MN) do efluente em estudo antes e após o pré-tratamento pela precipitação química com sulfeto de sódio ou hidróxido de sódio, que também foram comparados quanto à eficiência. O NaOH foi superior ao nas na redução da atividade mutagênica, em 15% no efluente bruto, 23,5% no efluente a 50% e 37,5% no efluente a 25%.

Abstract: Industrial wastewaters are contamination sources that contribute that contribute to severe environmental impacts. The present work aimed to show a positive influence of the treatment of the effluent of a alloys metallic laboratory in the reduction of the mutagenic activity , evaluated by the *Allium cepa* assay. It was carried out the bioassay for the production of micronuclei (MN) of the effluent before and after the chemical precipitation with NaOH or NaS . O NaOH was superior to the NaS in the reduction of mutagenic activity for the total effluent (15%); for the diluted effluent 50% (23,5%) and 25% (37,5%). It means that the reduction was doses dependent.

Palavras-chave: Metais Pesados, Mutagenicidade, Efluente de Laboratório, *Allium cepa*

Introdução

Várias indústrias produzem e descartam resíduos contendo diferentes metais pesados no ambiente. Os íons de metais pesados são estáveis como contaminantes ambientais persistentes, já que não podem ser degradados e/ou destruídos [1]. Estes íons metálicos podem ser prejudiciais à vida aquática e causar grave poluição de solo [2]. Na verdade, a atenção pública em relação aos metais pesados cresceu desde a emblemática doença de Minamata causada por mercúrio no Japão [32].

Bioensaios realizados com organismos simples, como algas, mostraram os efeitos de diferentes metais como cádmio, cobalto, cobre, ferro, manganês, níquel, chumbo e zinco em quatro espécies destes organismos. Neste estudo observou-se que o cádmio e o cobre foram os metais que apresentaram a toxicidade mais elevada. O grupo que apresentou a toxicidade mais baixa às algas foi formado pelo manganês e ferro, que em nenhum momento causaram a redução do crescimento algal, desde que em concentração abaixo de 10 mg/L [33]. Isto mostra a importância de conhecer em detalhes a composição do efluente gerado durante as atividades industriais ou laboratoriais não só para evitar que compostos tóxicos sejam inadvertidamente despejados sem tratamento, mas também por uma questão econômica, já que metais valiosos não devem ser descartados, mas sim recuperados quando possível.

Os vegetais superiores apresentam características que os tornam excelentes modelos genéticos para avaliação de poluentes ambientais, por isso têm sido utilizados com muita frequência em estudos de monitoramento. A planta *Allium cepa* tem sido indicada como um eficiente organismo-teste de citotoxicidade e genotoxicidade devido a determinadas características, como sua cinética de proliferação, crescimento rápido de suas raízes, grande número de células em divisão, sua alta tolerância a diferentes condições de cultivo, sua disponibilidade durante o ano todo, seu fácil manuseio, por possuir cromossomos em número reduzido e de grande tamanho [3,4, 5] e seu baixo custo [6]. A análise de micronúcleos serve como teste de mutagenicidade e é um dos poucos métodos diretos para mensurar danos em sistemas expostos a agentes mutagênicos ou carcinogênicos potenciais.[7, 8, 34].

Quanto à redução da carga metálica do efluente em questão, atualmente a precipitação como hidróxido metálico é o método de tratamento mais amplamente usado para água contaminada com metais pesados [9,10, 11] devido à simplicidade e baixo custo deste método.

Metodologia

1. Amostras

As amostras analisadas foram provenientes de um Laboratório de Análises de Ligas Metálicas localizado em um Centro Universitário na região metropolitana de São Paulo, que presta serviços para indústrias da região. O efluente é composto de soluções ácidas inorgânicas provenientes do ataque de ligas metálicas ferrosas e não ferrosas, e as amostras analisadas com mais frequência são aços (carbono e inoxidável), ligas de cobre (latão, bronze), ligas de zinco (zamac) e ligas de alumínio, eventualmente, ligas contendo prata

também são analisadas.

2. Coleta e preparo

As amostras utilizadas para caracterização do efluente foram coletadas em galões plásticos previamente lavados com ácido nítrico 1:1 (sem lavagem prévia com a amostra para não alterar os dados através da possível aderência de alguns componentes à parede do frasco) [12].

O efluente produzido a cada dia foi transferido para um galão plástico e foi mantido refrigerado a aproximadamente 4°C até o final do período, quando foi analisado para verificação de seu volume, de suas características químicas.

Após a caracterização e elaboração da proposta de tratamento, coletou-se o efluente para aplicação dos tratamentos sugeridos e verificação da sua eficiência. Foram analisadas suas características químicas e toxicológicas antes e após o tratamento. As análises químicas foram realizadas no laboratório gerador do efluente e as análises toxicológicas foram realizadas no Laboratório de Ecotoxicologia da Fatec- Sorocaba.

3 Análises químicas

Para determinação dos metais foi utilizado ICP/AES modelo Spectroflame da SPECTRO .

4. Bioensaio de Mutagenicidade em *Allium cepa*

Para realização deste ensaio foi seguindo o protocolo de MA et al. (1995), com modificações.

5. Tratamento para redução do teor de metais

O volume de 500 mL de efluente foi dividido em duas partes iguais e seu pH foi gradualmente elevado sob leve agitação com agitador magnético até próximo de 7,0 sendo constantemente monitorado durante este processo através de pHmetro com eletrodo de vidro. Em uma das partes (250mL) adicionou-se gradualmente NaOH P.A. em pastilhas para elevação do pH e nos 250 mL restantes, NaS P.A. As soluções resultantes foram decantadas por 24 horas e o sobrenadante foi analisado para verificação da taxa de remoção dos metais, e verificação da toxicidade. Após verificação destas características, a solução foi filtrada, através de filtração a vácuo e o precipitado obtido foi seco e pesado para verificação da quantidade de lodo gerado em cada um dos processos.

Resultados

A tabela 1 apresenta os dados consolidados da determinação de metais das amostras do efluente e as mesmas análises após os tratamentos de remoção de metais propostos, comparativamente.

Tabela 1 – Análise química do efluente após tratamento com hidróxido de sódio e sulfeto de sódio

PARÂMETRO (MG/L)	EFLUENTE BRUTO (JAN. DE 2010)	APÓS TRAT. COM HIDRÓXIDO DE SÓDIO	APÓS TRAT. COM SULFETO DE SÓDIO
Ag	1,09	0,84	0,015
AL	238,60	0,046	0,072

BA	< 0,014	< 0,014	< 0,014
BE	0,49	< 0,0009	< 0,0009
BI	0,91	0,28	0,34
CA	0,76	0,46	0,70
CD	0,029	< 0,002	< 0,002
CO	0,42	< 0,004	< 0,004
CR	33,24	< 0,003	< 0,003
CU	104,10	0,069	< 0,002
FE	885	0,15	0,15
LI	< 0,001	< 0,001	< 0,001
MG	3,34	0,81	2,09
MN	9,76	0,58	0,025
MO	3,55	< 0,013	0,070
NA	1,93	2306	2309
NB	0,14	< 0,005	< 0,005
NI	13,00	< 0,081	0,59
P	1,38	0,030	0,30
PB	4,03	< 0,020	< 0,020
SI	0,60	< 0,006	< 0,006
SR	< 0,008	< 0,008	< 0,008
SN	0,84	< 0,009	0,39
TI	0,16	< 0,002	< 0,002
V	0,37	< 0,003	< 0,003
W	1,75	< 0,011	< 0,011
ZN	434,40	2,90	1,33
ZR	0,045	< 0,002	< 0,002

Com base nos resultados da tabela 1, foram calculadas as taxas de remoção de cada um dos elementos e os resultados podem ser vistos na tabela 2.

Tabela 2 – Taxa de remoção de metais do efluente após tratamento e decantação por 24 horas

PARÂMETRO	TAXA DE REMOÇÃO (%)	
	APÓS ADIÇÃO DE HIDRÓXIDO DE SÓDIO	APÓS ADIÇÃO DE SULFETO DE SÓDIO
AG	22,94	98,62
AL	99,98	99,97
BE	99,82	99,82
BI	69,23	62,64
CA	39,47	7,89
CD	93,10	93,10
CO	99,05	99,05
CR	99,99	99,99
CU	99,93	100,00
FE	99,98	99,98
MG	75,75	37,43

MN	94,06	99,74
Mo	99,63	98,03
NB	96,43	96,43
Ni	99,38	95,46
P	97,83	78,26
PB	99,50	99,50
Si	99,00	99,00
SN	98,93	53,57
Ti	98,75	98,75
V	99,19	99,19
W	99,37	99,37
ZN	99,33	99,69
ZR	95,56	95,56
DUREZA	71,37	33,87

A fim de se avaliar se o tratamento implicava na produção de grande quantidade de resíduo sólido, por conta da produção de lodo, esta masa foi pesada ao final do processo para cada um dos tratamentos.

Tabela 3 – Massa de lodo seco após tratamento com hidróxido de sódio e sulfeto de sódio

LODO OBTIDO COM HIDRÓXIDO DE SÓDIO	LODO OBTIDO COM SULFETO DE SÓDIO
6,37G	6,29G

O sobrenadante foi analisado para verificação da redução da toxicidade. As figuras 2 e 3 mostram, respectivamente, as reduções estatisticamente significantes da atividade mutagênica observadas, após ambos os tratamentos, sendo que para o NaOH, pode-se estabelecer uma relação dose dependente, em relação às respostas das diluições seriadas do efluente ao tratamento (fig.2). Para o NaS não houve redução significativa para a diluição de 25%.

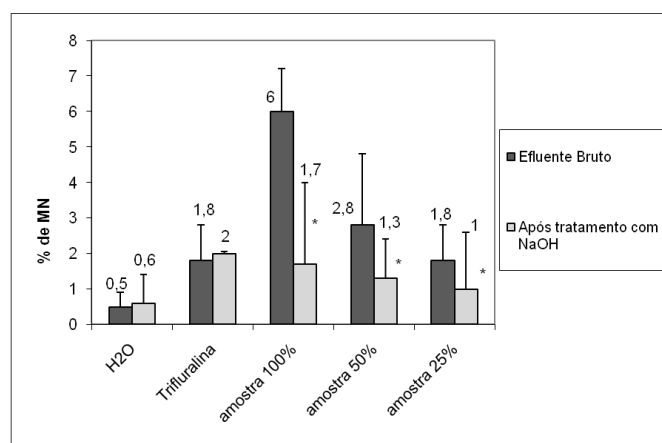


Figura 2 – Produção de micronúcleos em *Allium cepa* antes e após tratamento com hidróxido de sódio.

* valor estatisticamente significante ($p < 0,05$) do tratamento em relação ao pre-tratamento

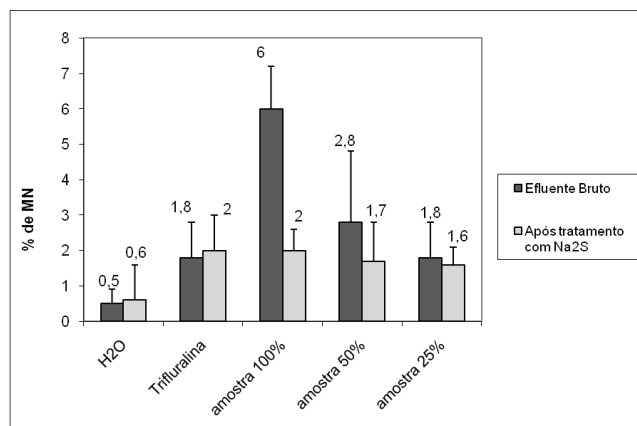


Figura 10 – Produção de micronúcleos em *Allium cepa* antes e após tratamento com sulfeto de sódio

* valor estatisticamente significante ($p < 0,05$) do tratamento em relação ao pre-tratamento

Discussão

Como fonte geradora de resíduo líquido, laboratórios como o representado neste estudo devem preocupar-se com seu descarte à luz de rigorosos critérios. No presente caso, o volume de efluente gerado mensalmente (variando de 5 a 16 litros) indica a princípio, ser econômica e operacionalmente inviável a instalação de uma estação de tratamento de efluentes e que soluções em menor escala devem ser privilegiadas. O pequeno volume gerado já é determinante da preocupação do laboratório em trabalhar com métodos em micro-escala, o que reduz a quantidade de amostra a volumes mínimos.

Quanto à produção de resíduos líquidos, especialmente em relação ao tratamento de efluentes laboratoriais com pequenos volumes gerados, são descritas algumas experiências, como as da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), [14], a da Faculdade de Engenharia Química [15] além do Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas, que divulgou suas Normas de Gerenciamento de Resíduos Químicos [45] onde estabelecem entre outras providências que os resíduos contendo metais pesados devem ser precipitados na forma de hidróxidos, corroborando com nossas observações.

A partir da análise e quantificação de elementos metálicos realizada, ficou evidente que os elementos mais críticos coincidem exatamente com alguns dos elementos listados em normas e que têm seus limites máximos estabelecidos no Decreto nº 8468/76 [35], como cromo, cobre, ferro, níquel e zinco. As amostras do efluente analisado apresentaram teores de alguns metais bem acima dos limites especificados por este mesmo Decreto (Tab.1).

Os elementos ferro e zinco se mostraram especialmente importantes por apresentarem níveis altos em todos os meses analisados.

Quanto ao potencial tóxico, os protocolos de ensaios biológicos (testes de toxicidade aguda e de genotoxicidade) são obrigatórios para descargas de efluentes em alguns países, enquanto que em outros, somente as características físicas e químicas são obrigatórias. [16]. Baixos níveis de toxicidade aguda são detectados em efluentes que são descartados, mesmo após um eficiente tratamento secundário.[17,36]. Por estarem os agentes tóxicos, quase sempre em concentrações muito reduzidas ou serem de caráter químico desconhecido, os biotestes para monitoração poderiam ser muito úteis [18].

A questão da toxicidade dos metais pesados não se limita à sua absorção direta pelo homem ou pelos animais. Estes compostos podem ficar retidos no solo, serem absorvidos pelas plantas e assim, serem incorporados às cadeias tróficas [37]. Em relação à presença de metais, a avaliação real da qualidade da água apresenta algumas dificuldades, pois a quantidade de metal solúvel não corresponde obrigatoriamente às verdadeiras proporções de contaminação. Os metais pesados presentes nos efluentes industriais reduzem a capacidade autodepurativa das águas, devido à ação tóxica que eles exercem sobre os microorganismos [19, 20 ,21, 38].

Os índices de mutagenicidade avaliados por meio da quantificação da presença de micronúcleos em células de *Allium cepa* mostram que o efluente em estudo antes do tratamento, mesmo diluído a 50% apresentou atividade mutagênica que foi significativamente maior que a do controle positivo com trifluralina, um conhecido pesticida classificado como carcinógeno humano [46] e que tem efeito tóxico relativamente alto em organismos aquáticos [22].

Em relação ao tratamento prévio do efluente, optou-se pela solução mais simples em relação ao custo e em relação à aparelhagem envolvida. Os dois reagentes (hidróxido de sódio e sulfeto de sódio) apresentaram resultados satisfatórios, como pode-se verificar nas tabelas 1 e 2, demonstrando a possibilidade de se optar indiferentemente por qualquer um dos dois reagentes para redução dos metais no efluente a níveis aceitáveis para descarte de acordo com o Decreto nº 8468/76 [35], concordando com outros estudos semelhantes [39].

A massa de lodo obtido tanto com a utilização de hidróxido de sódio quanto com a utilização de sulfeto de sódio foi semelhante (diferença de pouco mais de 1% entre elas) (Tab. 3).

Ao comparar a atividade mutagênica do efluente bruto com o mesmo efluente após os tratamentos para precipitação de íons metálicos, houve consistente e estatisticamente significativa redução do efeito após tratamento. Em trabalho de Silva et al. (2009), foi observada significativa redução da atividade mutagênica do efluente industrial de uma indústria metalúrgica após o seu tratamento com EDTA, conforme recomendação do procedimento de AIT (Fase I). Em conjunto, estes dados corroboram a participação causal dos elementos metálicos no efeito tóxico. [23, 24, 8, 25, 31, 26, 27].

A redução da toxicidade também foi evidente com o uso de ambos os reagentes nas três concentrações consideradas, porém apesar desta redução, observa-se o fato de que na concentração de 100%, mesmo após tratamento com ambos os reagentes, a mutagenicidade da amostra não difere do controle positivo trifluralina.

Foi sugerida por Printes (2000) a inclusão de parâmetros biológicos associados aos parâmetros físico-químicos ao fazer uma análise crítica da classificação brasileira de qualidade das águas estabelecidas pela Resolução CONAMA 357/2005 [42]. Bassoi et al. (1990) apontam que o monitoramento biológico complementa os procedimentos já adotados através do monitoramento químico. Outros autores também ressaltam a importância da realização de ambos os tipos de monitoramento para uma completa avaliação dos efeitos resultantes das atividades humanas sobre o meio ambiente [43, 44, 29, 30].

Conclusões

Os resultados deste trabalho evidenciam ainda mais a necessidade de se discutir a inclusão dos ensaios biológicos na legislação vigente, pois mesmo estando apto para descarte de acordo com a legislação, é evidente o fato do efluente permanecer com potencial mutagênico mesmo após os tratamentos.

Através da comparação entre os dois reagentes utilizados neste trabalho para redução da concentração de metais, pode-se observar que o NaOH apresentou uma redução maior da toxicidade em relação ao NaS, que foi concentração/dependente.

A destinação do lodo gerado não parece ser um parâmetro crítico deste manejo.

Referências

- [1] ABO-FARHA, S. A.; ABDEL-AAL, A. Y.; ASHOUR I. A.; GARAMON S. E. Removal of some heavy metal cations by synthetic resin purolite C100. **Journal of Hazardous Materials**, v. 169, p. 190-194, 2009.
- [2] LIN, S. H.; JUANG, R. S. HEAVY METAL REMOVAL FROM WATER BY SORPTION USING SURFACTANT-MODIFIED MONTMORILLONITE. **JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS**, v. 92, p. 315–326, 2002.
- [3] FISKESJÖ, G. THE *ALLIUM* TEST AS A STANDARD IN THE ENVIRONMENTAL MONITORING. **HEREDITAS**, v. 102, p. 99-112, 1985.
- [4] GRANT, W. F. THE PRESENT STATUS OF HIGHER PLANT BIOASSAYS FOR DETECTION OF ENVIRONMENTAL MUTAGENS. **MUTATION RESEARCH**, v. 310, p. 175-185, 1994.
- [5] MATSUMOTO, S. T.; MANTOVANI, M. S.; MALAGUTTII, M. I. A.; DIAS, A. L.; FONSECA, I. C.; MARIN-MORALES, M. A. GENOTOXICITY AND MUTAGENICITY OF WATER CONTAMINATED WITH TANNERY EFFLUENTS, AS EVALUATED BY THE MICRONUCLEUS TEST AND COMET ASSAY USING THE FISH *OREOCHROMIS NILOTICUS* AND CHROMOSOME ABERRATIONS IN ONION ROOT-TIPS. **GENETICS AND MOLECULAR BIOLOGY**, v. 29, n. 1, p. 148-158, 2006.

- [6] LEME, D. M.; MARIN-MORALES, M. A. *ALLIUM CEPA* TEST IN ENVIRONMENTAL MONITORING: A REVIEW ON ITS APPLICATION. **MUTATION RESEARCH**, v. 682, p. 71–81, 2009.
- [7] CARITÁ, R.; MARIN-MORALES, M. A. INDUCTION OF CHROMOSOME ABERRATIONS IN THE *ALLIUM CEPA* TEST SYSTEM CAUSED BY THE EXPOSURE OF SEEDS TO INDUSTRIAL EFFLUENTS CONTAMINATED WITH AZO DYES. **CHEMOSPHERE**, v. 72, p. 722–725, 2008.
- [8] MAGDALENO A.; MENDELSON A.; DE IORIO A. F.; RENDINA A.; MORETTON J. GENOTOXICITY OF LEACHATES FROM HIGHLY POLLUTED LOWLAND RIVER SEDIMENTS DESTINED FOR DISPOSAL IN LANDFILL. **WASTE MANAGEMENT**, v. 28, n. 11, p. 2134-2139, 2008.
- [9] BASHA, C. A.; BHADRINARAYANA, N. S.; ANANTHARAMAN, N.; BEGUN, K. M. M. S. Heavy metal removal from copper smelting effluent using electrochemical cylindrical flow reactor. **Journal of Hazardous Materials**, v. 152, p. 71-78, 2008.
- [10] HUISMAN, J. L.; SCHOUTEN, G.; SCHULTZ, C. BIOLOGICALLY PRODUCED SULPHIDE FOR PURIFICATION OF PROCESS STREAMS, EFFLUENT TREATMENT AND RECOVERY OF METALS IN THE METAL AND MINING INDUSTRY. **HYDROMETALLURGY**, v. 83, p. 106–113, 2006.
- [11] KABDASLI, I.; ARSLAN, T.; OLMEZ-HANCI, T.; ARSLAN-ALATON, I.; TÜNAY O. COMPLEXING AGENT AND HEAVY METAL REMOVALS FROM METAL PLATING EFFLUENT BY ELECTROCOAGULATION WITH STAINLESS STEEL ELECTRODES. **JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS**, v. 165, p. 838–845, 2009.
- [12] EATON, A. D.; CLESCERI, L. S.; RICE, E. W., GREENBERG, A. E.; FRANSON, M. A. H. (Eds.) **STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER**, 21 ED. WASHINGTON, D. C.: AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER ENVIRONMENT FEDERATION, 2005.
- [13] MA, T. H.; XU, Z.; XU, C.; McCONNELL, H.; RABAGO, E. V.; ARREOLA, G. A.; ZHANG, H. THE IMPROVED *ALLIUM/VICIA* ROOT TIP MICRONUCLEUS ASSAY FOR CLASTOGENICITY OF ENVIRONMENTAL POLLUTANTS. **MUTATION RESEARCH**, v. 334, p. 185-195, 1995.
- [14] AFONSO, J. C.; NORONHA, L. A.; FELIPE, R. P.; FREIDINGER, N. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS LABORATORIAIS: RECUPERAÇÃO DE ELEMENTOS E PREPARO PARA DESCARTE FINAL. **QUÍMICA NOVA**, v. 26, n. 4, p. 602-611, 2003.
- [15] ALVES, L. C.; HENRIQUE, H. M.; XAVIER, A. M. F.; CAMMAROTA, M. C. POTENTIAL TREATMENT ALTERNATIVE FOR LABORATORY EFFLUENTS. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, v. 96, p. 1650–1657, 2005.
- [16] BERTOLETTI, E. TOXICIDADE E CONCENTRAÇÃO DE AGENTES TÓXICOS EM EFLUENTES INDUSTRIAIS. **CIÊNCIA E CULTURA**, v. 42, p. 271-277, 1990.

[17] DIZER, H.; WITTEKIND, E.; FISCHER, B.; HANSEN, P.D. THE CYTOTOXIC AND GENOTOXIC POTENTIAL OF SURFACE WATER AND WASTEWATER EFFLUENTS DETERMINED BY BIOLUMINESCENCE, UMU-ASSAYS AND SELECTED BIOMARKERS. **CHEMOSPHERE**, v. 46, p. 225-233, 2002.

[18] PESSALA, P.; SCHULTZ, E. NAKARI, T.; JOUTTI, A.; HERVE, S. Evaluation of wastewater effluents by small-scale biotests and a fractionation procedure. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 59, p. 263-272, 2004.

[19] AGUIAR, M. R. M. P. de; NOVAES, A. C.; GUARINO, A. W. S. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. **Quimica Nova**, v. 25, n. 6B, p. 1145-1154, 2002.

[20] ATANASSOVA, I. D. ADSORPTION AND DESORPTION OF CU AT HIGH EQUILIBRIUM CONCENTRATIONS BY SOIL AND CLAY SAMPLES FROM BULGARIA. **ENVIRONMENTAL POLLUTION**, v. 87, n. 1, p. 17-21, 1995.

[21] GONG, C.; DONAHOE, R. J. AN EXPERIMENTAL STUDY OF HEAVY METAL ATTENUATION AND MOBILITY IN SANDY LOAM SOILS. **APPLIED GEOCHEMISTRY** v. 12, p. 243, 1997.

[22] CHELME-AYALA, P.; EL-DIN, M. G.; SMITH, D. W. DEGRADATION OF BROMOXNYL AND TRIFLURALIN IN NATURAL WATER BY DIRECT PHOTOLYSIS AND UV PLUS H₂O₂ ADVANCED OXIDATION PROCESS. **WATER RESEARCH**, v. 44, p. 2221–2228, 2010.

[23] ASAKURA K.; SATOH H.; CHIBA M.; OKAMOTO M.; SERIZAWA K.; NAKANO M.; OMAE K. Genotoxicity studies of heavy metals: lead, bismuth, indium, silver and antimony. **Journal of Occupational Health**, v. 51, n. 6, p. 498-512, 2009.

[24] GICHNER, T.; ZNIDAR, I.; SZÁKOVÁ, J. EVALUATION OF DNA DAMAGE AND MUTAGENICITY INDUCED BY LEAD IN TOBACCO PLANTS. **MUTATION RESEARCH**, v. 652, n. 2, p. 186-190, 2008.

[25] SEDMAN R. M.; BEAUMONT J.; McDONALD T. A.; REYNOLDS S.; KROWECH G.; HOWD R. Review of the evidence regarding the carcinogenicity of hexavalent chromium in drinking water. **Journal of Environmental Science and Health**, v. 24, n. 1, p. 155-182, 2006.

[26] VILLATORO-PULIDO M.; FONT R.; De HARO-BRAVO M. I.; ROMERO-JIMÉNEZ M.; ANTER J.; De HARO BAILÓN A.; ALONSO-MORAGA A.; Del RÍO-CELESTINO M. Modulation of genotoxicity and cytotoxicity by radish grown in metal-contaminated soils. **Mutagenesis**, v. 24, n. 1, p. 51-57, 2008.

[27] YADAV K. K.; TRIVEDI S. P. Chromosomal aberrations in a fish, *Channa punctata* after in vivo exposure to three heavy metals. **Mutation Research**, v. 678, n. 1, p. 7-12, 2009.

[28] BASSOI, L. J.; NIETO, R.; TREMAROLI, D. **IMPLEMENTAÇÃO DE TESTES DE TOXICIDADE NO CONTROLE DE EFLUENTES LÍQUIDOS**. SÃO PAULO: CETESB, 1990.

[29] RAVERA, O. UTILITY AND LIMITS OF BIOLOGICAL AND CHEMICAL MONITORING OF THE AQUATIC ENVIRONMENT. **ANNALI DI CHIMICA**, v. 88, n. 11-12, p. 909-913, 1998.

[30] VAN DER VELDE, G.; LEUVEN, R. S. E. W. POLLUTED RIVER SYSTEMS: MONITORING AND ASSESSMENT OF ECOTOXICOLOGICAL RISKS. **ACTA HYDROCHIMICA ET HYDROBIOLOGICA**, v. 27, n. 5, p. 251-256, 1999.

[31] SHAIK A. P.; JAMIL K. Individual susceptibility and genotoxicity in workers exposed to hazardous materials like lead. **Journal of Hazardous Materials**, v. 168, n. 2-3, p. 918-924, 2009.

Livros e Teses

[32] KIYOURA, R. **ADVANCES IN WATER POLLUTION RESEARCH, PROCEEDINGS OF THE FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE**. LONDON: PERGAMON PRESS, 1964.

[33] HARTMANN, C. C. **AVALIAÇÃO DE UM EFLUENTE INDUSTRIAL ATRAVÉS DE ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS E ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS**, DISSERTAÇÃO DE MESTRADO, INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, RIO GRANDE DO SUL, 2004.

[34] SILVA, J.; ERDTMANN, B.; HENRIQUES, J. A. P. **GENÉTICA TOXICOLÓGICA**. PORTO ALEGRE: ALCANCE, 2003.

[35] SÃO PAULO. **DECRETO Nº 8468**, SÃO PAULO, 1976.
SEGURA-MUÑOZ, S. I. **IMPACTO AMBIENTAL NA ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO E INCINERADOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE RIBEIRÃO PRETO, SP: AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE METAIS PESADOS**. TESE DE DOUTORADO, ESCOLA DE ENFERMAGEM DE RIBEIRÃO PRETO/USP, 2002.

[36] AHTIAINEN, J.; NAKARI, T.; SILVONEN, J. TOXICITY OF TCF AND ECF PULP BLEACHING EFFLUENTS ASSESSED BY BIOLOGICAL TOXICITY TESTS. IN: SERVOS, M.R.; MUNKITTRICK, K. R.; CAREY, J. H.; VAN DER KRAAK, G. J. (Eds.). **ENVIRONMENTAL FATE AND EFFECTS OF PULP AND PAPER MILL EFFLUENTS**. DELRAY BEACH, FL, USA: ST. LUCIE PRESS, 1996.

[37] SEGURA-MUÑOZ, S. I. **IMPACTO AMBIENTAL NA ÁREA DO ATERRO SANITÁRIO E INCINERADOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE RIBEIRÃO PRETO, SP: AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE METAIS PESADOS**. TESE DE DOUTORADO, ESCOLA DE ENFERMAGEM DE RIBEIRÃO PRETO/USP, 2002.

[38] FELLENBERG, G. **INTRODUÇÃO AOS PROBLEMAS DA POLUIÇÃO AMBIENTAL**. SÃO PAULO: ED. PEDAGÓGICA E UNIVERSITÁRIA LTDA, 1980.

[39] PALMER, S. A. K.; BRETON, M. A.; NUNNO, T. J.; SULLIVAN, D. M.;

SURPRENANT, N. F. **METAL/CYANIDE-CONTAINING WASTES TREATMENT TECHNOLOGY. POLLUTION TECHNOLOGY REVIEW**, USA: NOYES PUBNS, 1988.

[40] SILVA, L. F., BREGAGNOLO, L., SOUZA, C. C.; IRAZUSTA, S. P. MUTAGENICIDADE DO EFLUENTE DE UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA – SOROCABA – APLICAÇÃO DO TIE (FASE 1). **XI SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO (FATEC)**, SÃO PAULO, 2009.

[41] PRINTES, L. B. **THE BRAZILIAN CLASSIFICATION SCHEME FOR WATER QUALITY AND PROTECTION OF AQUATIC COMMUNITIES: THE NEED FOR IMPROVEMENT**. (THESIS MASTER OF SCIENCE IN BIODIVERSITY MANAGEMENT) UNIVERSITY OF KENT, CANTERBURY, 2000.

[42] BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO Nº 357 DO CONAMA**, BRASÍLIA, DF, 2005.

[43] ELDER, J. F. APPLICABILITY OF AMBIENT TOXICITY TO NATIONAL OR REGIONAL WATERQUALITY ASSESSMENT. **U. S. GEOLOGICAL SURVEY CIRCULAR**, N. 1049, 1990.

[44] FOWLER, H. G.; AGUIAR, A. M. A INTEGRAÇÃO DA TEORIA ECOLÓGICA NA ANÁLISE AMBIENTAL. IN: TAUKE, S. M.; GOBBI, N.; FOWLER, H. G. (ORG.) **ANÁLISE AMBIENTAL: UMA VISÃO MULTIDISCIPLINAR**. SÃO PAULO: EDITORA UNESP, 1991.

Internet

[45] UNICAMP. NORMAS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DO INSTITUTO DE QUÍMICA DA UNICAMP, 2005. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WWW.IQM.UNICAMP.BR/CSEA/DOCS/NORMAS/NORMASRESIDUOS.PDF](http://www.iqm.unicamp.br/CSEA/DOCS/NORMAS/NORMASRESIDUOS.PDF)>. ACESSO EM: 25/03/10.

[46] USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **TRIFLURALIN**, 1993. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WWW.EPA.GOV/NCEA/IRIS/SUBST/0268.HTM](http://www.epa.gov/NCEA/IRIS/SUBST/0268.htm)> ACESSO EM: 22/04/2010.

Contato

Cristiane Campos de Sousa. Instituto de Pesquisas e Estudos Industriais - FEI São Bernardo do Campo - SP. criscampos@fei.edu.br. Tel.: 11 4353-2900

Silvia Pierre Irazusta. Faculdade de Tecnologia de Sorocaba – CEETEPS – Sorocaba – SP. silvia.pierre@hotmail.com. Tel.: 19 91080373