

## BIOREMEDIÇÃO EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

Fermiano Martins Fernandes <sup>(1)</sup>, Nei Rubens Lima <sup>(2)</sup>, Ilde Borella <sup>(3)</sup>, Eduardo Rocha Vingnole <sup>(3)</sup>.

<sup>(1)</sup>Adesol Produtos Químicos Ltda.

<sup>(2)</sup>EcoConsult Consultores Associados Ltda.

<sup>(3)</sup>Fras-Le S.A.

### Abstract

The present work has as objective to prove the effectiveness of the treatment of industrial compounds by bioaugmentation technology using exogenous microorganisms in Waste Water Treatment Plant (WWTP) for Industrial and Domestic waste. The successful application of microbial inoculants (commercial blends) in this waste, and other applications, has been limited by the lack of knowledge of the factors in biodegradability studies like microcosms and treatability assays.

Before bioremediation in full scale we developed microcosms and treatability assay in Adesol's laboratory, to find a microbial blend who improved oxidation of recalcitrant compounds, such as Xylene, and improve COD and BOD removal efficiency.

Results in a full scale application show a state requirement permit attended when bioremediation model in the Activated Sludge WWTP was used. We also see improved removal efficiency in COD and BOD, and Xylene compounds and minimize the organic and toxic shocks.

### Introdução

Águas residuárias provenientes de processos industriais, com altos teores de compostos orgânicos e recalcitrantes, não são facilmente estabilizados em sistemas contendo microrganismos de ocorrência natural (Amy et al. 1987, Fernandes et al. 1997, Fernandes 1998) devido a variações na carga orgânica, choques tóxicos, fatores ambientais (ex. pH, oxigênio dissolvido e nutrientes), além de flutuações hidráulicas do processo. Estes fatores, isoladamente e/ou conjuntamente, ocasionam um decaimento na atividade biológica normal do sistema destruindo biomassa responsável pela oxidação da matéria orgânica (Sweet 1992, McMaster et al. 1995, Visitt 5.0 1996, Jennings 1997, Guerin and Guerin 1995, Hadley et al 1997).

A biotecnologia, em especial a bioremediação com blends comerciais, pode ser utilizada para implementação do potencial de biodegradação (Broetzman et al. 1997, Parker and Islam 1997, Forsyth et al. 1995). O presente estudo de caso em escala industrial descreve como microrganismos não indígenas, blends comerciais, foram utilizadas para aumentar e estabilizar os Sólidos Suspensos no Líquido Misturado (MLSS), resultando no aumento da eficiência de remoção da carga orgânica, diminuição na sensibilidade da microbiota frente a choques tóxicos (ex. chorume e xileno), flutuações hidráulicas e variações de densidade de potência no reator biológico.

### **Descritivo do Sistema de Tratamento Biológico**

O tratamento dos efluentes industriais e sanitários é realizado através de um sistema primário, constituído por tanque de recepção, homogeneização e equalização dos efluentes e tratamento físico-químico com flotação para remoção de sólidos em suspensão, óleos e graxas e carga orgânica, seguido por um tratamento secundário que compreende um processo de degradação biológica por meio de lodo ativado, constituído de tanque de aeração e decantador secundário, que visa oxidar carga orgânica remanescente do sistema primário. O efluente tratado que transborda do decantador segue para duas lagoas de polimento seguindo após as mesmas para o corpo receptor. Os resíduos sólidos gerados no sistema de tratamento de efluentes, e desaguado em prensa desaguadora, são enviados para aterro sanitário próprio. O chorume gerado pelos líquidos percolados do aterro sanitário são enviados para o sistema de tratamento biológico.

A vazão dos efluentes é de aproximadamente  $10\text{m}^3/\text{h}$  sendo o mesmo composto por 35% de efluente domissanitário, 15% de efluente industrial proveniente do sistema de recuperação de Xileno e 40% de recirculação da lagoa de polimento. O tempo de detenção hidráulica é de aproximadamente 54 horas, sendo que o volume do reator biológico é de  $322\text{ m}^3$ .

### **Programa de dosagem**

No projeto de aplicação de bioremediação, com blends comerciais, utilizamos modelos de estudo de microcosmo e biodegradabilidade/tratabilidade sugeridos (Broetzman 1997, Fernandes 1997, Fernandes 1998) a fim de obtermos cinética específica para esta aplicação. Uma vez executados estes estudos definimos, em reunião com corpo técnico envolvido no projeto, pontos de aplicação dos blends no sistema biológico. O objetivo da aplicação de blends específicos em pontos determinados do sistema visa garantir a permanência de semente microbiológica adaptada que suporte as variações e/ou choques de carga dos efluentes industriais.

Dois blends, cada um contendo cerca de seis a sete cêpas microbianas, foram aplicados no Tanque de Recepção onde buscamos com este procedimento obter uma relação F/M para o sistema em questão. Foi sugerido ainda que uma fonte de ar comprimido fosse adicionado ao tanque para manter os sólidos em suspensão e disposição de oxigênio para processo de respiração biológica.

Dois outros blends, com microrganismos diferentes dos aplicados no Tanque Recepção, foram aplicados diretamente no Reator Biológico com o objetivo de manter atividade e estabelecer um gradiente de participação (em valores percentuais) desta microbiota no MLSS.

Vale a pena lembrar que os blends aplicados no sistema de tratamento biológico são compostos por microrganismos de ocorrência natural, isolados de efluentes industriais com características semelhantes ao substrato a ser tratado, implementados em sua cinética de atividade por seleção adaptativa (efetuada com concentrações maiores de compostos químicos recalcitrantes) onde estes gêneros de *Pseudomonas*, *Bacillus* e *Escherichia* e suas subespécies, atuam de forma direta em resíduos impossíveis de

serem degradados por população de enterobactérias (presentes em nosso trato digestivo).

### Resultados

Os resultados obtidos quando do programa de monitoramento (Tabelas 1 e 2 Gráfico 1) indicam que a aplicação da tecnologia de bioremediação implementou a cinética de degradação/adsorção dos compostos orgânicos, reduzindo a fase de aclimação (Lag Phase) necessária após um choque orgânico/tóxico, reduzindo a sensibilidade da microbiota frente a flutuações de origem hidráulica, a um aumento na carga orgânica tratada e uma depleção no teor de oxigênio dissolvido devido a problemas de manutenção dos aeradores.

**Tabela 1. Avaliação comparativa de Carga Orgânica (em DQO) tratada na ETB.**

	Carga Orgânica Entrada			Carga Orgânica Saída			Percentual Redução	Volume Chorume m <sup>3</sup>
	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima		
Jul/97	466.2	1176.8	55.5	199.2	244.5	51.6	57.5	0
Ago-11	43.1	74.1	23.8	60.8	102.0	29.4	N.T.	0
Ago-30	414.5	819.3	52.9	51.8	114.3	12.1	87.5	14
Set	771.9	1340.7	467.9	245.7	410.4	131.8	68.2	28
Out	362.2	948.5	140.0	192.9	366.8	55.7	46.7	84
Nov	431.4	665.1	243.6	145.4	182.5	108.4	66.3	28
Dez	588.4	787.8	282.1	188.9	223.8	80.4	67.8	0
Jan/98	82.8	219.0	16.4	62.2	113.2	28.3	24.8	0 (#)
Fev	180.0	300.0	65.0	53.9	91.2	39.7	70.0	0
Mar	248.9	464.4	169.6	76.1	84.2	73.2	69.4	0

NT. Não teve Redução.

Ago-30 Início da aplicação de blends comerciais na data de 11/08/97.

(#) Período de férias coletivas sem geração de efluente industrial.

Ao avaliarmos a Tabela 1 observamos também que grandes quantidades de chorume, advindo do aterro sanitário próprio, caracterizado na Tabela 2, foram tratadas nos meses de setembro a novembro, onde tivemos elevados índices de precipitação pluviométrica, o que não interferiu negativamente na eficiência do sistema (com exceção no mês de outubro) se considerarmos a toxicidade e a elevada carga proveniente deste tipo de resíduo, sendo que as médias de eficiência de remoção da carga orgânica se mantiveram superiores à aquelas observadas antes da aplicação (julho/97) com valores superiores a 10 pontos percentuais mesmo se considerando um aumento de carga e queda no oxigênio disponível para os processos biológicos de oxidação (Tabela3).

**Tabela 2. Caracterização físico-química do chorume gerado no aterro sanitário.**

	Al <sup>+</sup>	Ni <sup>+</sup>	Mg <sup>+</sup>	Fe <sup>+</sup>	Pb	Cr <sup>6+</sup>	Cl <sup>-</sup>	Cn <sup>-</sup>	DQO	PH
Média	0,31	1,1	2,6	1,2	2,8	0,41	159	0,141	1341	8,5
Máxima	0,93	2,1	5,7	2,1	4,3	0,66	298	0,228	1878	8,5
Mínima	0,05	0,32	1,1	0,3	1,6	0,08	20	0,031	805	8,5

**Tabela 3. Comparativo entre biomassa, remoção de carga orgânica e aeração.**

	Sólidos	Suspensos	Voláteis SSV	Percentual	Aeração
	Média	Máxima	Mínima	Redução %	Completa %
Jul/97	652	1586	130	57,5	100,0
Ago-11	1367	1540	1180	N.T.	100,0
Ago-30	1276	1657	1125	87,5	53,3
Set	726	1080	257	68,2	59,1
Out	1953	2520	760	46,7	82,6
Nov	1674	2429	699	66,3	50,0
Dez	1692	2371	1086	67,8	19,0
Jan/98	1902	2543	840	24,8	30,0(#)
Fev	1526	2233	1080	70,0	50,0
Mar	1045	1720	1160	69,4	0,0

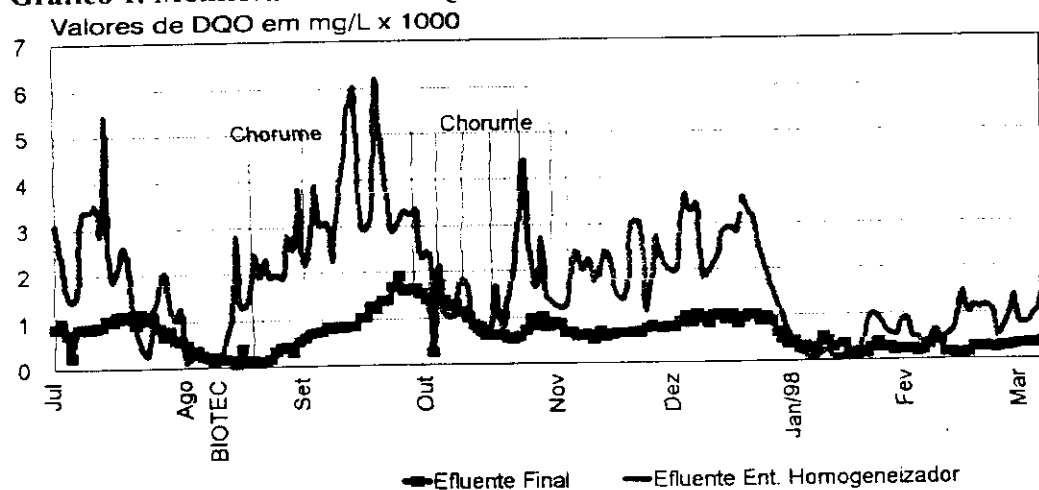
NT. Não teve Redução.

Ago-30 Início da aplicação de blends comerciais na data de 11/08/97.

(#) Período de férias coletivas sem geração de efluente industrial.

Outro aspecto a ser relatado é o correspondente a um aumento na carga orgânica de entrada (Tabela 1), demonstrado nas colunas de média e mínima, observadas nos períodos de monitoramento do sistema. Este evento está correlacionado à tratabilidade do efluente de xileno, proveniente da área de recuperação industrial, corrente esta não tratada no período sem aplicação de bioremediação devido a perda de biomassa e toxicidade ao sistema.

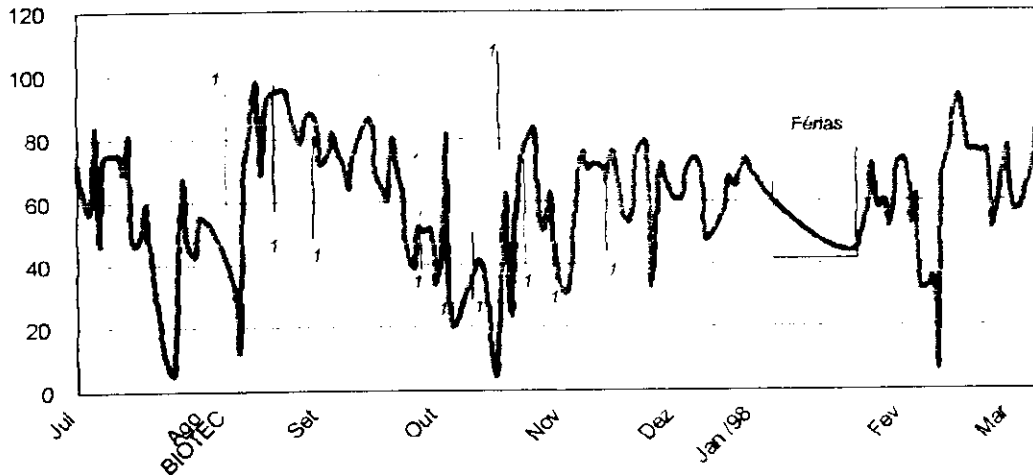
**Gráfico 1. Monitoramento de DQO no efluente bruto e final tratado.**



**Biotech-Início da aplicação da Bioremediação**

Outro aspecto a ser relacionado à aplicação dos microrganismos não indígenas reside na avaliação de comportamento do sistema frente a uma menor disponibilidade de oxigênio, devido a problemas de manutenção nos aeradores, sem acarretar perdas significativas de biomassa (MLSS) e de eficiência de remoção da carga orgânica (Tabela 2 e Gráficos 1, 2 e 4) quando comparamos o sistema bioativado frente à condição anterior de operação (sem aplicação de blends comerciais).

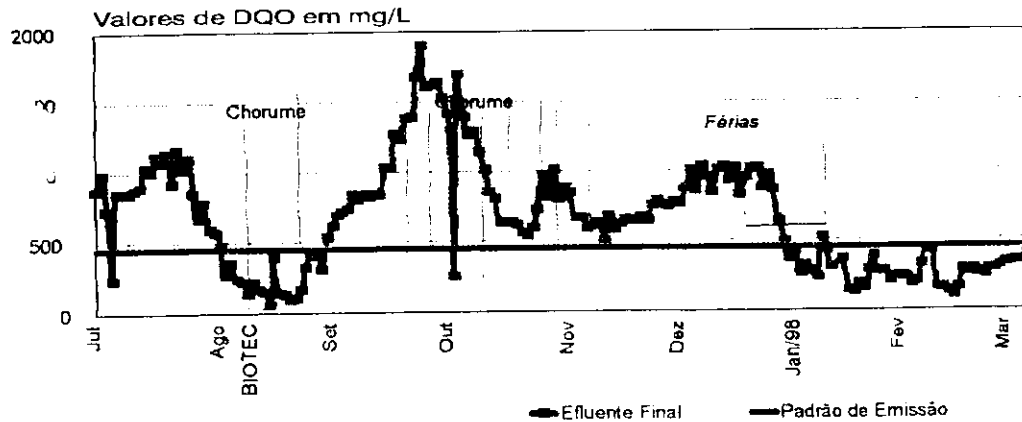
**Gráfico 2. Comparativo de eficiência de remoção da DQO em valores percentuais.**



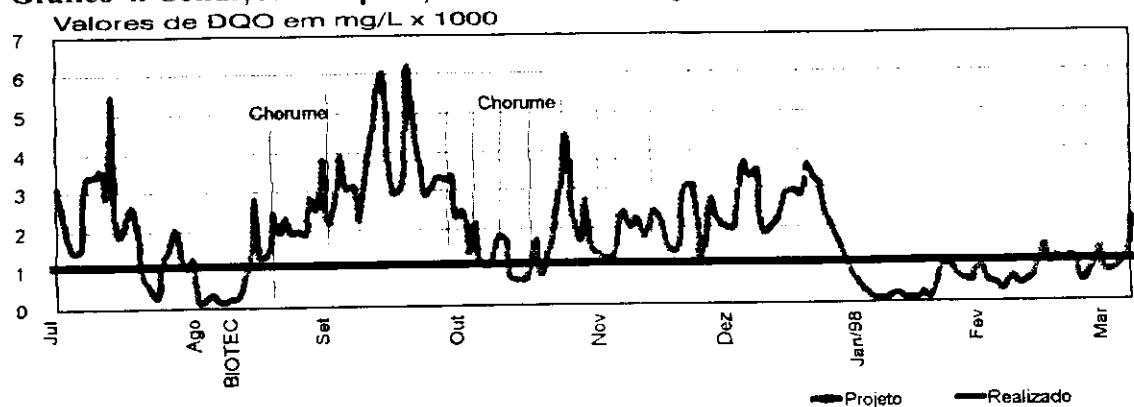
**1-Entrada de Choroume no Sistema Biológico**  
**Biotec-Início de aplicação da bioremediação**

A adição de blends comerciais reduziu significativamente os parâmetros de emissão do efluente final, e sua flutuação, atendendo desta forma a legislação estadual ambiental pertinente (Tabela 2 e Gráficos 2 e 3).

**Gráfico 3. Valores de efluente final tratado versus padrão de legislação.**



**Gráfico 4. Condições de operação do sistema Projeto versus Realizado em DQO.**



## **Conclusões**

Considerando os resultados de monitoramento apresentados anteriormente podemos concluir que a utilização do modelo bioremediação, com blends comerciais, atingiu plenamente o escopo do projeto mediante a implementação da cinética de biodegradabilidade da microbiota responsável pelo processo de oxidação/mineralização dos compostos recalcitrantes oriundos da indústria.

A utilização de microrganismos não indígenas, e seu desenvolvimento no reator biológico, capacitou a ETE a receber e tratar uma carga orgânica muito superior à preconizada no projeto executivo do sistema. Vale a pena lembrar que a densidade de potência requerida pelo sistema, em detrimento do aumento de carga orgânica (CO). Gráfico 4, a ser tratada com a entrada do efluente do recuperador de xileno, deveria ser maior sendo observado entretanto que esta condição foi administrada pela aplicação de blends comerciais devido a uma menor exigência de aceptor (oxigênio) necessário à respiração endógena destes microrganismos.

Assim sendo consideramos que a ETE operou muito acima de suas condições de projeto iniciais (ex.: CO, OD, TDH) sem a redução de sua eficiência, operando na verdade, muito pelo contrário, em eficiências superiores aos meses em que este efluente específico não era tratado no sistema por provocar decaimento na biomassa e perda do coeficiente de redução da CO, respondendo muito bem a flutuações na composição dos efluentes (ex.: chorume, xileno, doméstico e suas combinações) bem como a outras condições operacionais extremas.

O presente processo de bioremediação se encontra em utilização atualmente sendo objeto de futuros desenvolvimentos a aplicação de microrganismos que adsorvam íons metálicos presentes nos efluentes industriais otimizando desta forma o índice de qualidade ambiental existente.

## **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao corpo técnico da Fras-Le, representados pela Sra. Iraci Stedili, Srs. José André Scherer, Irani Carlos Pitol, e demais membros da equipe de operação da ETE, responsáveis pelo programa de monitoramento industrial do sistema de tratamento de efluentes, e à equipe do laboratório de Biotecnologia da Adesol, representados pelos Srs. Márcio Mariano e Alexandre Rodrigues responsáveis pelos estudos preliminares de biodegradabilidade que orientaram o projeto de aplicação em escala industrial.

## **Referências Bibliográficas**

Amy, G. L.; Bryant, C. W.; Alleman, B. C.; Barkley, W. A. 1987. *Biosorption of organic halide in kraft mill generated lagoon* Journal WPCF, Volume 60, Number 8, pp. 1445-1453.

Broetzman, G. G., Chacón, M. J., Hadley, P. W., Kaback, D. S., Kennett, R. W., Rosenthal, N. J. 1997. *New Approches Towards Promoting the Application of Innovative Bioremediation Technologies*. pp. 323-328. In: *In Situ and On-Site Bioremediation: Volume 4. Fourth International In Situ and On-Site Bioremediation Symposium*. Battelle Press, Columbus, Ohio.

Fernandes, F. M.; Lima N. R. and Galhardo, V. R. B. 1997. *Utilização de Modelo Biotecnológico Bioremediação - Em Sistema Biológico de Tratamento de Efluentes de Indústria de Celulose Kraft Branqueada*. Paper apresentado no Seminário Alternativas para Tratamento de Efluentes Líquidos e Aéreos da Associação Brasileira Técnica de Papel e Celulose, Maio, São Paulo, SP.

Fernandes, F. M. 1998. *Bioremediation - State of the Art*. pp. 8. In: The Third Latin American Biodegradation & Biodeterioration Symposium. Florianópolis, Santa Catarina.

Forsyth, J. V., Tsao, Y. M., and Bleam, R. D. 1995. *Bioremediation: When Is Augmentation Needed?* pp. 1-14. In: Bioaugmentation for Site Remediation. Third International In Situ and On-Site Bioreclamation Symposium. Battele Press, Columbus, Ohio.

Guerin, L.J. and Guerin, T.F. 1995. *An Application of Adaption-Innovation Theory to Bioremediation*. pp. 175-83. In: Monitoring and Verification of Bioremediation. Third International In Situ and On-Site Bioreclamation Symposium. Battele Press, Columbus, Ohio.

Hadley, P. W., Rogers, L. C., Hill, S. R. 1997. *Interstate Acceptance of In Situ Bioremediation Technologies*. pp. 347-51. In: In Situ and On-Site Bioremediation: Volume 4. Fourth International In Situ and On-Site Bioremediation Symposium. Battele Press, Columbus, Ohio.

Jennings, O. R. 1997. *Market Overview of the Bioremediation Market*. pp. 305. In: In Situ and On-Site Bioremediation: Volume 4. Fourth International In Situ and On-Site Bioremediation Symposium. Battele Press, Columbus, Ohio.

McMaster, M. L., Butler, B., Barker, J. F. 1995. *Potential for the Biotransformation of Metolachlor in Groundwater*. pp. 191-98. In: Biological Unit Processes for Hazardous Waste Treatment. Third International In Situ and On-Site Bioreclamation Symposium. Battele Press, Columbus, Ohio.

Parker, J. C., Islam, M. 1997 *Cost Effectiveness of Selected Remediation Technologies and design Protocols*. pp. 341-46. In: In Situ and On-Site Bioremediation: Volume 4. Fourth International In Situ and On-Site Bioremediation Symposium. Battele Press, Columbus, Ohio.

Swett, G. H. 1992. *Bioremediation : Mythis Vs. Realities*. Environmental Protection, May.

VISITT 5.0 - Vendor Information System for Innovative Treatment Technologies. U. S. EPA. 1996. Cincinnati, Ohio.