

1. Introdução

A preocupação com as questões ambientais tem se destacado cada vez mais dentre os problemas do mundo moderno. Na busca incessante do progresso econômico e da melhora da qualidade e expectativa de vida, a sociedade vem fazendo uso de atividades predatórias, como o uso indiscriminado dos recursos naturais e lançamento de produtos tóxicos cada vez mais complexos ao meio ambiente.

As alterações ambientais devidas às ações antrópicas, como a escassez dos recursos naturais e poluição tóxica, têm atingido níveis extremamente significativos, resultando numa redução comprometedora da qualidade do solo, do ar e da água.

Nos últimos anos a contaminação tem se intensificado principalmente com o crescimento das indústrias e o desenvolvimento urbano (Andrade, 2005). Isso tem levado, entre outros problemas, a uma maior introdução de hidrocarbonetos no ambiente, em função da necessidade de geração de energia e, conseqüentemente, do aumento do consumo dos derivados de petróleo.

A indústria petroquímica vem crescendo progressivamente desde a década de 1930. Desde então, as indústrias de petróleo do mundo inteiro lidam com problemas de impacto ambiental decorrentes de vazamentos e derrames acidentais de petróleo e seus derivados (Corseuil & Marins, 1998; Vieira, 2004).

O petróleo é composto de inúmeras substâncias orgânicas, com predominância dos hidrocarbonetos. Dentre os mais tóxicos e recalcitrantes estão os monoaromáticos: benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX).

Devido à significativa solubilidade dos BTEX em água, durante um possível vazamento de gasolina, eles serão os primeiros hidrocarbonetos a percolar através solo e atingir o lençol freático ou aquífero (Corseuil & Marins, 1998; Österreicher *et al.*, 2007).

No Brasil, existe ainda um fator agravante para tal problema: a formulação da gasolina produzida no país contém 20 a 26% de etanol, o qual é altamente

solúvel em água e capaz de gerar um efeito de cossolvência dos BTEX (Silva *et al.*, 2002). Sendo assim, esta mistura pode provocar um comportamento completamente diferente na movimentação dos compostos através do solo em um caso de derramamento, aumentando ainda mais a pluma de contaminação nos aquíferos. (Corseuil *et al.*, 1997; Österreicher *et al.*, 2007).

Atualmente, os postos de combustíveis têm sido apontados como um dos principais responsáveis pela contaminação de solos e águas (Andrade, 2005; Jacques *et al.*, 2007). Durante a década de 1970 houve um grande aumento do número de postos de abastecimento instalados no Brasil, cujos tanques tinham aproximadamente 25 anos de vida útil. Devido a este fato, especula-se que este tempo já tenha chegado ou esteja chegando ao seu fim (Silva, 2002). Milhares de tanques encontram-se hoje corroídos (fig.1), seja por atividade física, química e até mesmo microbiológica, dando origem a vazamentos subterrâneos e, conseqüentemente, a impactos ambientais (Mainier & Leta, 2001).



Figura 1 – Tanques de gasolina com problemas de corrosão (Mainier & Leta, 2001).

Existe, nos tempos atuais, uma crescente preocupação a nível mundial com relação à qualidade das águas subterrâneas, no sentido de evitar que plumas de contaminação atinjam áreas de coleta de água para o consumo humano (Corseuil & Marins, 1998; Zheng *et al.*, 2002). Além dos possíveis danos à saúde humana, sabe-se que, através da sua direta ou indireta toxicidade aos microorganismos do solo, tais poluentes podem causar efeitos drásticos no tamanho, estrutura e

estabilidade das populações, comunidades e ecossistemas, numa escala espacial que varia de centímetros a quilômetros (Edwards, 2002).

Diante desta delicada situação, há uma necessidade urgente de técnicas alternativas para a descontaminação das áreas afetadas que sejam rápidas, eficientes e de baixo custo. Em resposta a esta urgência, muitas vezes são utilizadas técnicas físicas e químicas cujas reações podem acabar por esterilizar o solo e causar graves impactos ambientais. Muitos estudos na literatura mostram que fungos e bactérias do solo desempenham funções primordiais nos ciclos bio-geo-químicos, pois são responsáveis pela ciclagem dos compostos orgânicos no meio ambiente e, conseqüentemente, pela manutenção da nutrição dos vegetais e da estrutura do solo. A extinção destes microorganismos interfere seriamente na fertilidade e mineralogia do solo (Pereira & Freire, 2005; Zheng *et al.*, 2002).

Uma vez que os BTEX-Etanol são compostos orgânicos provenientes de substâncias naturais, a biodegradação pode ser a técnica mais viável para o tratamento de seus resíduos (Jacques *et al.*, 2007; Österreicher *et al.*, 2004; Zheng *et al.*, 2002). Países como os da Europa e EUA há décadas vêm desenvolvendo estudos e aplicações de tecnologias estratégicas para a biorremediação de suas áreas contaminadas, sendo a maioria voltada para a degradação de gasolina ou diesel, focando a estimulação engenhada da biodegradação, sobretudo aeróbia. Os países em desenvolvimento, por sua vez, costumam basear suas tecnologias na extensa experiência dos países desenvolvidos, confrontando-se muitas vezes com diferenças cruciais como a composição do combustível, espécies microbianas, clima, mineralogia e estrutura dos solos (Corseuil *et al.*, 1997; Österreicher *et al.*, 2007).

A presença do etanol na gasolina é uma das mais importantes dentre as diferenças citadas e requer pesquisas mais específicas. Estudos mostram que, além de promover o aumento da mobilidade dos hidrocarbonetos em água, a degradação do etanol é preferencial à dos BTEX e também reduz a taxa de oxigênio do meio, estabelecendo uma condição anaeróbia, o que retarda a biodegradação dos demais compostos (Corseuil & Marins, 1998; Österreicher *et al.*, 2004). Para que a oxidação dos orgânicos se proceda na ausência de oxigênio, é necessário que haja redução de outro aceptor, podendo ser este: nitrato, manganês, óxido férrico, sulfato ou dióxido de carbono, a maioria presente no solo (Silva, 2002; Zwolinski *et al.*, 2000).

Devido à escassez de trabalhos que tornem viável a elaboração de estratégias para o gerenciamento da biodegradação natural de gasolina-etanol em aquíferos brasileiros (tropicais), no presente trabalho, foram desenvolvidos e analisados microcosmos anaeróbios com solo saturado contaminado e não contaminado, com o objetivo de verificar a redução de Fe(III) dos óxidos de ferro do solo numa possível biodegradação anaeróbia da mistura BTEX-Etanol em solo tropical residual.

Os objetivos específicos são:

- 1) Implementar metodologias analíticas para quantificar os BTEX-Etanol, e avaliar a especiação do ferro em amostras obtidas ao longo dos ensaios;
- 2) Verificar a ocorrência da biodegradação anaeróbia dos hidrocarbonetos monoaromáticos e do etanol em solo tropical saturado;
- 3) Avaliar a possível utilização do Fe(III) pela microbiota do solo contaminado para a degradação dos BTEX;
- 4) Determinar a biodisponibilidade do Fe(III) presente no solo estudado, em condições saturadas;
- 5) Analisar a influência do incremento de matéria orgânica contaminante na atividade metabólica degradadora dos microrganismos do solo estudado em comparação com um solo saturado não contaminado, em anaerobiose.
- 6) Avaliar os parâmetros biológicos, físicos e químicos como indicadores dos processos de biodegradação e da qualidade do solo.