

# 1

## **Introdução**

A necessidade de recuperar áreas contaminadas nas últimas duas décadas tem levado ao desenvolvimento de técnicas *in situ* e *ex situ* para remediação de solos contaminados.

O solo residual estudado neste trabalho é comumente encontrado no estado do Rio de Janeiro. Este solo é geralmente pobre em nutrientes, o que prejudica a biorremediação e a aplicação da atenuação natural monitorada em sítios contaminados. Para que o processo de biodegradação obtenha sucesso torna-se necessário à adição de nutrientes inorgânicos essenciais na massa de solo, como o fosfato e o nitrato. Contudo, este processo deve ser estritamente controlado buscando atingir o equilíbrio de carbono e nitrogênio (C/N) mais favorável. Em solos com baixa condutividade hidráulica a adição de compostos inorgânicos no solo pode ser alcançada através da eletrocinese.

Dentre os elementos biogeoquímicos essenciais à sobrevivência dos seres vivos que percorrem o meio ambiente temos o nitrogênio que pode ser fator limitante em seu crescimento. Segundo Braga *et al.* (2002), o nitrogênio desempenha um importante papel na constituição das moléculas de proteínas, ácidos nucleicos, vitaminas, enzimas e hormônios, elementos esses, vitais aos seres vivos.

A atmosfera é rica em nitrogênio (78%) e, apesar de sua abundância, somente um grupo seleto de organismos consegue utilizar esse nitrogênio gasoso. O envolvimento biológico no ciclo de nitrogênio é muito mais extenso que no ciclo do carbono que se encontra em pequenas quantidades na atmosfera (0,032%).

Grande parte do nitrogênio existente nos organismos vivos não é obtida diretamente da atmosfera, uma vez que a principal forma de nutriente para os produtores são os nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ). Esses nitratos são frutos da decomposição de matéria orgânica, na qual o nitrogênio do protoplasma é quebrado em uma série de

compostos orgânicos e inorgânicos por bactérias com funções especializadas em cada parte do processo. Os nitratos podem, ainda, ser obtidos por meio de bactérias fixadoras de nitrogênio e das descargas elétricas que ocorrem na atmosfera.

Para um entendimento mais amplo do ciclo do nitrogênio devem ser entendidos quatro mecanismos importantes existentes: a) fixação do nitrogênio atmosférico em nitrato; b) amonificação; c) nitrificação; d) desnitrificação.

A fixação do nitrogênio pode ser feita por processos físicos (ação de relâmpagos ou processos industriais de produção de fertilizantes), mas ocorre, principalmente, por meio biológico, representando 90% da fixação realizada no planeta. A fixação biológica é feita por bactérias de vida livre, por bactérias fotossintéticas, por algas (cianofíceas) e por bactérias associadas às raízes de plantas leguminosas, também chamadas de organismos simbióticos (Mota, 1997).

A fixação do nitrato por via biológica é, de longe, a mais importante. Dos 140 a 700mg/m<sup>2</sup>/ano fixados pela biosfera como, somente cerca de 35mg/m<sup>2</sup>/ano são fixados por mecanismos físico-químicos (Odum, 1971). Dentro da fixação por via biológica os organismos simbióticos produzem uma quantidade que é no mínimo cem vezes maior do que aquela produzida pelos organismos de vida livre (Kormondy, 1976).

O processo de amonificação tem o seu início quando o nitrogênio fixado é dissolvido na água do solo, ficando disponível para as plantas na forma de nitrato. As plantas, por sua vez, transformam os nitratos em diferentes moléculas, as que contêm nitrogênio e as orgânicas nitrogenadas, que são essenciais à vida.

Quando o nitrogênio orgânico entra na cadeia alimentar, serve de alimento para os animais (consumidores) como moléculas orgânicas. A partir de suas excreções e da decomposição de resíduos vegetais e animais, os compostos nitrogenados são mineralizados por bactérias. Este processo produz gás amônia (NH<sub>3</sub>) e sais de amônio (NH<sub>4</sub>), completando, então, a fase de amonificação no ciclo do nitrogênio.

Esses produtos que foram mineralizados são convertidos à forma de nitrito e depois, pelo processo de nitrificação, são convertidos em nitrato, pela ação de bactérias quimiossintetizantes. Desses nitratos, uma parte é absorvida pelas plantas

para a formação de novos compostos orgânicos e outra parte é absorvida pelas bactérias desnitrificantes, que transformam o nitrato em nitrogênio gasoso ( $N_2$ ), o qual retorna a atmosfera.

A partir do ciclo do nitrogênio percebemos a importância deste elemento e vemos a necessidade da sua presença no meio ambiente. Assim, torna-se imperativo o estudo de métodos alternativos de introdução de nitrogênio no meio físico.

O presente projeto buscou investigar em ambiente laboratorial o transporte de nutrientes, especificamente o nitrato de amônio, utilizando a técnica da eletrocinese em solo residual com baixos teores de nitrogênio, assim como, a influência dessa técnica e do nitrato na sobrevivência e crescimento dos microrganismos. O solo estudado é proveniente de rocha gnáissica mais comumente encontrado no Estado do Rio de Janeiro. O uso dessa técnica teve como intuito melhorar as condições do meio para uma futura aplicação da biorremediação, promovendo o transporte de elementos necessários a biodegradação de contaminantes até a população de microrganismos do solo contaminado. A biorremediação *in situ* vem sendo estudada mais intensamente devido à possibilidade de biodegradação dos contaminantes, através de microrganismos, promovendo a destruição do contaminante e não somente sua remoção. Essa técnica é considerada mais barata que as convencionais, causando menos perturbações para o meio ambiente externo e também possibilita o tratamento de uma maior quantidade de solo.

Essa dissertação é constituída de cinco capítulos, apresentando neste capítulo uma breve introdução ao tema da pesquisa desenvolvida.

No capítulo 2 apresentam-se os aspectos teóricos necessários ao entendimento dos fenômenos envolvidos no processo eletrocinético e a biorremediação eletrocinética. O capítulo 3 descreve os materiais, métodos e o procedimento experimental utilizados nos ensaios, assim como, a descrição da célula eletrocinética desenvolvida no Laboratório de Geotecnia e Meio Ambiente da PUC-Rio. No capítulo 4 tem-se um resumo dos ensaios realizados e seus propósitos, e as análises dos resultados. Finalmente, o capítulo 5 apresenta as principais conclusões deste trabalho e sugestões para trabalhos futuros.