

1 INTRODUÇÃO

Um crescente esforço de pesquisa tem sido destinado ao estudo da migração e retenção de microrganismos em ambientes granulares naturais ou modelados. O entendimento desses processos é de grande interesse em várias aplicações ambientais tais como a proteção de fontes naturais de água potável, tratamentos de filtração natural de água de rios, como a filtração em margem e a biorremediação de áreas contaminadas.

Para grande parte da população mundial, e especialmente em países em desenvolvimento e regiões áridas, a principal fonte de água potável é a água subterrânea, captada de poços perfurados ou escavados. No Brasil, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), para o ano 2002, aproximadamente 58,8% da população brasileira na área rural era abastecida, para fins domésticos, com água de poço ou nascentes.

Considerando a relação direta entre água usada para beber e surtos de doenças e epidemias, a contaminação da água subterrânea (em particular a contaminação de origem microbiológica) constitui-se em uma potencial ameaça para a saúde pública. Esta é uma das principais razões da necessidade de se estudar o comportamento do transporte de microrganismos patogênicos no subsolo.

Nem todos os países possuem legislação estabelecendo perímetros de proteção em torno de captações de água subterrâneas, porém, a preocupação em preservar os recursos hídricos é crescente e, vários países já os adotam como medida preventiva para manter a qualidade destas águas (Coelho e Duarte, 2003).

Esses perímetros de proteção, todavia estão frequentemente baseados em distâncias arbitrárias, que podem subestimar ou sobreestimar a proteção dos recursos de água. Pang *et al.* (2003), em um estudo relacionado com a determinação dessas distâncias mínimas, concluíram que estimativas feitas através da determinação em laboratório da taxa de decaimento dos microrganismos livres, sem considerar o material do aquífero e outros processos, podem resultar em distâncias muito maiores do que necessário.

Para definir mais adequadamente os perímetros de proteção é necessária informação referente à atenuação do transporte de patogênicos ou de indicadores microbiológicos em sistemas de água subterrânea. Esta informação resulta mais apropriada se efetuada considerando as características próprias do local como o clima, o material do aquífero e a composição da água subterrânea.

Entretanto, devido à escassa informação referente a investigações envolvendo, especificamente, esse problema no Brasil, através deste estudo, tenta-se iniciar um melhor entendimento dos processos que influenciam o transporte de microrganismos no solo sob as condições ambientais locais.

Com este propósito foi implementado no Laboratório de Geotecnia e Meio Ambiente da PUC-Rio, um equipamento para a realização de ensaios de transporte de contaminantes considerando as particularidades que exige o trabalho com microrganismos, principalmente na minimização do potencial de contaminação externa durante a execução dos ensaios.

A revisão bibliográfica com relação ao problema exposto mostrou que, para fins de pesquisa, sobre transporte, microrganismos como bactérias e vírus são considerados, por suas dimensões, como partículas suspensas ou coloidais, mais especificamente como biocolóides. Nesses estudos são incluídos processos conhecidos de advecção, dispersão e processos de filtração baseados na teoria clássica da filtração do colóide, como também na teoria DLVO (*Derjaguin and Landau, and Verwey and Overbeek*).

Experimentalmente, o transporte de microrganismos em meios porosos saturados tem sido tradicionalmente investigado através da aplicação do método de colunas empacotadas (*packed column*), termo utilizado em cromatografia, onde a concentração dos microrganismos suspensos no efluente é monitorada em função do tempo.

Estudos realizados sob condições controladas em laboratório estão dirigidos a avaliar a influência sobre os processos de transporte das propriedades do biocolóide, do meio poroso e da solução. Materiais como areia de quartzo seja limpa ou revestida ou leitos de esferas de vidro vêm sendo implementados em tais estudos como meios granulares. Como microrganismos, são utilizadas bactérias como as do gênero *Pseudomonas* (Barton *et al.*, 1995; Martin *et al.*, 1996; Camesano *et al.*, 1999), *Escherichia coli* (Pang *et al.*, 2003; Redman *et al.*, 2004; Foppen *et al.*, 2005; Foppen *et al.*, 2007; Jiang *et al.*, 2007), *Cryptosporidium oocysts* (Tufenkji *et al.*, 2004) e vírus como fagos MS2 e PRD1 (Shijven *et al.*, 2002). Em muitos casos também são usadas microesferas de látex como um modelo representativo das bactérias.

Modelos matemáticos do transporte de bactérias em meio saturado, geralmente envolvem a forma simplificada da equação Advecção-Dispersão-Sorção, que pode ser derivada a partir dos princípios básicos de balanço de massa. Poucos esforços na modelagem levam em conta a influência de numerosos fatores físicos, químicos e biológicos, que em função das atuais pesquisas, sabe-se que afetam o transporte dos microrganismos na subsuperfície.

Contudo, a capacidade de prever com precisão o destino de bactérias no ambiente de subsuperfície, está atualmente limitada pela compreensão incompleta sobre os mecanismos de deposição (Bradford *et al.*, 2006) e o entendimento sobre o comportamento dos microrganismos quando fluem através de meios naturais, ainda constitui uma meta para futuras investigações.

Como ponto de partida para o início do estudo experimental do transporte de microrganismos em meios porosos foi escolhida água destilada como solução, areia de quartzo comercial como meio granular, e a bactéria *Escherichia coli* ATCC11229 como biocolóide, por se tratar de um importante indicador de contaminação de origem fecal, de rápido crescimento, fácil manipulação e fácil detecção nos procedimentos laboratoriais.

1.1. Objetivo

Esta pesquisa tem como objetivo geral estudar o transporte do microrganismo *Escherichia coli* ATCC11229 através de areia de quartzo saturada, sem a interferência de fatores biológicos e sob condições desfavoráveis à adesão.

Após definir as condições do ensaio, para alcançar esse objetivo foi necessário o desenvolvimento dos seguintes objetivos específicos:

- Elaborar procedimentos microbiológicos necessários para a quantificação de *E. coli*, nos diferentes ensaios do trabalho.
- Projetar e montar um equipamento apropriado para o estudo de transporte de microrganismos nas condições experimentais previstas.
- Determinar parâmetros de transporte, retardamento e dispersão hidrodinâmica de *E. coli* através de ensaios Advecção-Dispersão-Sorção com diferentes gradientes hidráulicos.

- Determinar a sobrevivência de *E. coli* em água.
- Determinar o máximo potencial de adsorção de *E. coli* em areia através do ensaio de batelada, sob as mesmas condições dos ensaios ADS.

1.2. Estrutura da Dissertação

Esta dissertação foi desenvolvida em 5 capítulos que são descritos a seguir.

O Capítulo 1 trata da introdução da dissertação, na qual se registra a importância de estudar o transporte dos microrganismos patogênicos em meios granulares, e uma breve descrição do que tem sido feito nesta área de estudo com ênfase na parte experimental. Também são apresentados os principais objetivos e a estrutura geral da dissertação.

No Capítulo 2 é apresentada uma revisão sobre a problemática abordada e os fundamentos teóricos referidos aos processos de transporte e retenção de biocolóides no solo, e finalmente as bases teóricas necessárias para a compreensão dos procedimentos aplicados em ensaios de transporte.

No Capítulo 3 faz-se uma descrição das características relevantes do biocolóide e do meio poroso utilizados neste trabalho, assim como também, uma descrição em detalhe do projeto para a construção do equipamento destinado à execução dos ensaios de transporte. Os procedimentos seguidos na realização dos ensaios microbiológicos, de batelada e de transporte também são expostos neste capítulo.

No Capítulo 4 apresentam-se os resultados obtidos para cada ensaio realizado, e a seguir a discussão destes para, finalmente, no Capítulo 5 apresentar as conclusões do trabalho e as propostas para trabalhos futuros