

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Esta tese teve como objetivo estudar o escoamento longitudinal através de um meio poroso contendo fibras paralelas e randomicamente espalhadas. O Método da Homogeneização foi aplicado ao problema original de múltiplas escalas separando-o nos problemas da macro, meso e microescalas. A permeabilidade longitudinal do meio foi determinada através da solução do problema da mesoescala. Este problema foi resolvido através do Método dos Elementos Finitos, cujo sistema de equações algébricas lineares foi resolvido com a utilização do Método dos Gradientes Conjugados. O programa computacional desenvolvido foi validado através da comparação com resultados obtidos para meios com geometrias regulares.

Para a solução do problema, foi considerada também a microescala do meio poroso, sendo necessária a eliminação de regiões de estreito, onde limites inferior e superior foram fornecidos para o valor da permeabilidade longitudinal. Foram calculados valores para diversos arranjos, com concentrações variando de 0,05 até 0,5 e número de cilindros na célula periódica variando de 2 a 48. Os resultados obtidos foram analisados e comparados com valores experimentais encontrados na literatura.

6.1 Conclusões

Quanto ao escoamento em meios regulares, foram considerados os casos dos arranjos quadrado e triangular. O método desenvolvido na presente tese foi validado, levando a valores muito próximos dos trabalhos de SPARROW & LOEFFLER (1959) e DRUMMOND & TAHIR (1984). As formulações propostas por estes autores mostraram-se mais adequadas do que o método utilizado nesta tese, pelo fato de requererem um processamento muito mais rápido. A formulação proposta por HAPPEL (1959), apesar de obter resultados satisfatórios para baixas concentrações (abaixo de

0,3), afasta-se dos valores encontrados pelos outros métodos apresentados à medida que se aumenta a concentração.

Considerando o caso de meios randômicos, para os quais resultados analíticos ou semi-analíticos não estão disponíveis, a permeabilidade encontrada foi sempre maior do que em arranjos regulares, para uma mesma concentração. O Método dos Elementos Finitos foi bastante adequado ao problema existente, ajustando-se muito bem à complexa geometria presente nas células periódicas. O Método dos Gradientes Conjugados permitiu que se utilizassem malhas com grande número de elementos, pelo fato de seu algoritmo não necessitar do armazenamento da matriz de rigidez em memória.

Os resultados fornecidos são provenientes das médias encontradas entre todos os arranjos considerados para cada concentração. Uma análise estatística da distribuição dos valores é apresentada por meio de histogramas, sendo apresentada uma faixa de valores para cada concentração, baseada na média e no desvio padrão obtidos com base em uma amostra de 100 arranjos para cada concentração e número de cilindros considerado.

Para baixas concentrações (abaixo de 0,05), a distribuição das fibras tem uma influência menor na permeabilidade do meio poroso. As formulações de HAPPEL (1959), SPARROW & LOEFFLER (1959) e DRUMMOND & TAHIR (1984), apesar de serem desenvolvidas para arranjos regulares, fornecem resultados satisfatórios comparados aos experimentais.

Entretanto, à medida que aumenta-se a concentração do meio poroso, também aumenta a diferença entre as permeabilidades de arranjos regulares e randômicos. Na comparação com os resultados experimentais encontrados na literatura, os resultados numéricos dessa tese tiveram excelente concordância com as medidas de SULLIVAN (1942) para a permeabilidade longitudinal de meios porosos compostos de diversos tipos de fibras. A maior parte dos valores obtidos por este autor encontra-se dentro das faixas de valores fornecidas nessa tese. Este fato revela a importância de se levar em conta uma distribuição não uniforme, ou não regular, das fibras em um meio real.

6.2 Sugestões

Alguns trabalhos futuros poderiam complementar o estudo efetuado nesta tese. Mais valores de concentração podem ser considerados também, a fim de que se tenha uma melhor massa de resultados para comparação com dados experimentais. Os resultados obtidos nessa tese incentivam a ampliação do modelo, para considerar casos de fibras elípticas e/ou permeáveis. Além disso, a extensão a três dimensões também é desejável, podendo ser analisados os casos de escoamento em meios compostos de fibras finitas e/ou não paralelas, além de meios porosos granulares. Finalmente, uma outra função densidade de probabilidade, que permita que sejam geradas células com concentrações superiores a 0,5, pode ser empregada.