
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho objetivou determinar o módulo de resiliência de três solos oriundos de Campo Grande – MS a partir de ensaios triaxiais cíclicos, e verificar a existência de relações entre o módulo de resiliência determinado através destes ensaios e o módulo tangente inicial obtidos em ensaios de compressão simples. Estes objetivos foram alcançados, considerando-se que foi possível a determinação dos valores de M_R e que foi comprovada a existência, para os solos desta e de outras pesquisas desenvolvidas na EESC-USP, de relações matemáticas entre o módulo de resiliência e o módulo tangente inicial, sob diversos níveis de tensão.

São apresentadas, neste capítulo, as principais conclusões pertinentes a esta pesquisa e recomendações para o desenvolvimento de trabalhos futuros. Deve-se salientar que todas as conclusões aqui observadas estão exclusivamente vinculadas ao universo de solos estudados.

5.1 – CONCLUSÕES

Verificou-se que foi possível a determinação dos valores do módulo de resiliência para os solos argiloso, areno-argiloso e arenoso investigados neste trabalho por meio de ensaios triaxiais cíclicos.

Através dos resultados dos ensaios triaxiais cíclicos, foi verificado o desempenho dos modelos mais comumente empregados na representação da variação do módulo de resiliência com o estado de tensão e de variações destas.

Foram analisadas expressões matemáticas em função da tensão desvio, tensão confinante, primeiro invariante de tensão, tensão principal maior e combinações destas variáveis. Adotou-se a relação $M_R = k_1 \cdot \sigma_3^{k_2} \cdot \sigma_d^{k_3}$ por ter apresentado um bom desempenho dentre as expressões analisadas, através dos valores do coeficiente de determinação (R^2) e por apresentar uma maior generalidade no tocante à descrição do estado de tensão dos solos considerados.

Comprovou-se o que foi apresentado na Revisão Bibliográfica, que solos argilosos e solos arenosos sofrem a influência, quase que exclusiva, das tensões desvio e confinante, respectivamente. Para os solos estudados nesta pesquisa, a tensão desvio concorreu decisivamente para a variação do M_R do solo argiloso e a tensão confinante exerceu o mesmo papel no tocante ao solo arenoso. Para o solo areno-argiloso, observou-se um comportamento intermediário aos demais, mas com uma predominância maior do efeito da tensão desvio.

Com relação ao efeito da energia de compactação no módulo de resiliência dos três solos estudados nesta pesquisa, concluiu-se que apenas para o solo argiloso este efeito é marcante. Este solo apresentou uma diferença de 55% entre módulos determinados na energia normal e intermediária.

Comprovou-se a existência de uma expressão matemática entre o módulo de resiliência e o módulo tangente inicial para vários estados de tensão. Quando agrupados todos os solos desta pesquisa, o modelo de melhor desempenho apresentou um coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,46, que pode ser considerado baixo. Constatou-se que este fato foi devido ao cálculo das relações terem sido realizadas a partir dos módulos de resiliência obtidos diretamente dos ensaios, englobando, assim, os desvios inerentes aos mesmos. Com o objetivo de minimizar esta influência, foi realizada uma nova análise, tomando-se como base valores de M_R determinados utilizando-se a equação 4.5, o modelo que melhor expressou a relação entre esta variável e o estado de tensão. A partir desta nova condição de análise o coeficiente de determinação aumentou para 0,66.

Desse modo, conclui-se que a utilização de valores de M_R calculados a partir do modelo que o relaciona com o estado de tensão, conduz a coeficientes de determinação mais elevados. Logo, este procedimento foi eficaz para minimizar a propagação dos desvios dos ensaios para relações entre o M_R e o E_o . Com base nesta constatação, todas as outras análises foram realizadas observando-se este procedimento.

Com o intuito de analisar a consequência de se considerar solos puramente argilosos ou arenosos separadamente, foram propostas relações matemáticas entre o M_R e o E_o envolvendo apenas os solos argiloso e areno-argiloso e em seguida, os solos arenoso e areno-argiloso. Para os solos argiloso e areno-argiloso, obteve-se uma expressão com coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,87. Este coeficiente sofreu um decréscimo quando foram considerados os solos areno-argiloso e arenoso, com R^2 de 0,77. Assim, conclui-se que o par formado pelos solos argiloso e areno-argiloso apresenta maior compatibilidade entre os seus componentes que aquele formado pelos solos arenoso e areno-argiloso.

Na modelagem matemática do M_R em função do E_o e do estado de tensão englobando os solos desta e de outras pesquisas desenvolvidas na EESC-USP, o coeficiente de determinação foi de 0,65. Quando considerou-se separadamente os solos predominantemente argilosos e arenosos, o coeficiente de determinação foi de 0,97 e 0,82, respectivamente. Este fato indica que o procedimento de separar-se os solos em duas categorias, segundo a suas frações granulométricas predominantes é adequado para as análises deste gênero. Finalmente, os valores elevados de R^2 alcançados são indicativos da viabilidade de relações que possibilitem a estimativa do módulo de resiliência a partir do E_o obtido em ensaios de compressão simples. Porém, o número de solos considerados é ainda pequeno para que se estabeleçam conclusões definitivas, exigindo que o estudo tenha continuidade, estendendo-se a um universo maior de materiais.

5.2 – RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As sugestões que se seguem são apresentadas com intenção de aperfeiçoar e validar os resultados desta pesquisa através de trabalhos futuros.

Novas pesquisas envolvendo um universo maior de tipos de solos deverão ser conduzidas com o objetivo de validar ou não, a existência de uma relação entre o módulo de resiliência obtido a partir de ensaios triaxiais cíclicos e o módulo tangente inicial determinado em ensaios de compressão simples.

É sabido que mudanças climáticas ao longo do ano conduzem à alterações nas umidades do subleito e dos componentes do pavimento, acarretando mudanças importantes nos seus valores de módulo de resiliência. Sugere-se a realização de novas pesquisas em que se varie a umidade dos corpos-de-prova ensaiados, possibilitando que se avalie a repercussão deste fato no comportamento do pavimento.