

CORRESPONDÊNCIA

EROSÃO INTERNA EM SOLOS COESIVOS. FILTROS DE PROTECÇÃO

(JOSÉ FOLQUE, Geotecnia n.º 20, Junho/Julho 1977)

Comentários por VICTOR F. B. DE MELLO*

Por coincidência, ditada pela grande importância do tema, o assunto de filtros de protecção contra arraste de partículas por erosão interna regressiva voltou a merecer exame em diversos centros de investigação, sob orientações eruditas embora (ou quiçá portanto) um tanto diferenciadas, que inescapavelmente se complementarão antes que se considerem atendidas, em nova etapa de avanço, as principais críticas ao *status-quo*. O artigo de José Folque começa portanto por merecer a gratidão e atenção profundas de todos os que se detiveram em preocupação por tema de tal importância perante boa maioria das rupturas em obras de terra. O autor abordou as principais publicações que ventilaram o assunto, e acrescenta deduções pessoais, fazendo com que o trabalho constitua um marco na literatura técnica especializada a que recorrerão todos os colegas da comunidade das línguas ibéricas. A nosso ver merece destaque no trabalho o reconhecimento (1) da importância do estado de tensões admitido persistir na interface a filtrar (2) o facto de que interessa é a comparação do tamanho de partícula (ou agregado de partículas) arrastável, com o tamanho do poro do filtro.

Surgem porém algumas diferenças de conceito e de pormenor que tomo a liberdade de oferecer à apreciação dos estudos em andamento.

Em primeiro lugar solicitaria um esclarecimento quanto ao emprego de um termo técnico que não tem sido incorporado a nosso vocábulo: o termo *sufusão*, que o autor pareceria considerar coincidente com o "piping" convencional. Parece-me que nos países em que o termo foi gerado, autores diversos (veja-se por ex. Mikheev, V. V. *et al.*, 1977, "Deformability of gypseous soils",

GEOTECNIA 23

* Recebidos em Abril de 1978.

9.º Congresso ISSMFE, Tokyo, v. 1, p. 23) claramente distinguem entre “chemical suffosion and mechanical piping”, dando a entender que o termo se aplica a fenomenologia iniciada por lixiviação ou solução químicas.

Em segundo lugar, permito-me divergir da opinião de que as regras de dimensionamento de filtros para solos não-coesivos estão bem estudadas e constituem matéria pacífica. Serviram indubitavelmente por longo período em grande maioria de casos com muito sucesso. A reapreciação do assunto se sugeriu, porém, há já quase 15 anos, simplesmente pelo reconhecimento de que o assunto requer tratamento probabilístico em substituição ao determinismo clássico. Ora, tendo recentemente procurado reapreciar pormenorizadamente os próprios relatórios iniciais que justificaram as citadas regras, lamentei concluir que mesmo perante eventuais raciocínios determinísticos os ensaios clássicos deixaram muito a desejar perante níveis de precisão actualmente exigidos (cf. Rankine Lecture 1977, “Reflections on design decisions of practical significance to embankment dams”). A fortiori se considerarmos os meios em questão, bem como as regras resultantes, perante quaisquer critérios probabilísticos (mesmo admitindo estatística de médias).

A seguir, permito-me indagar se as curvas de distribuição de poros (curvas 1 e 2 da Fig. 4) foram obtidas experimentalmente (pois existem técnicas para tal) ou o foram por cálculos: e, se foi este o caso, a pergunta seguinte, se o método de cálculo teria sido o exposto para o material ideal uniforme esferiforme do autor, ou o deduzível segundo Silveira (1965) e como se comparariam as curvas respectivas calculáveis pelo outro procedimento. Segundo sugeri no trabalho citado, pareceria que nas aplicações de teorizações tais como a de Silveira, baseada em probabilidades de números de contactos e arranjos consequentes, poderia ocorrer a necessidade de correcções (particularmente significativas em solos de granulometria contínua desuniforme, que são os preferidos para filtros) em função da acentuada diferença de curva de frequência de pesos (ou volumes) de grãos, e a respectiva curva de frequência de números de grãos.

Finalmente, cogitei de ressaltar que o fenómeno de “piping” (análogo a fenómenos de cavitação etc.) está associado a estatística de extremos e não de médias. Assim, muito dependeria dos extremos das curvas de frequência (de grãos e de poros); muito depende do estado de tensões do elemento de solo na interface, que só é o comumente adoptado, geostático médio, em valores médios, mas localmente sofre grandes variações (por redistribuição em função de condi-

ções construtivas, deformações, etc.), muito depende de gradientes de percolação em caminhos preferenciais em pontos de saída, reconhecendo-se que tanto o próprio coeficiente de permeabilidade como rede de percolação tem implícito um comportamento apenas médio: as condições de interface em obras são ipso facto altamente heterogéneas, nada tendo de comum com a condição de corpo de prova argiloso de face lisa, compactado contra molde metálico e depois ensaiado em contacto com areia (ensaios dos diversos autores citados); as próprias resistências à tracção além de dependerem dos estados de tensão e tempo, são classicamente reconhecidas como pertencentes ao domínio da estatística dos extremos (teoria de Weibull do elo mais fraco); e assim por diante.

Resumindo, pois, permito-me enfatizar que se o problema é probabilístico e da estatística dos extremos, sempre em algum ponto algum carreamento ocorreria salvo se cuidarmos de alterar fisicamente o universo estatístico em questão. O que se deseja é minimizar, por obstrução estereométrica, o carreamento de partículas: porém, reconhecendo a impossibilidade de evitá-lo *in totum*, que se procurem condições favoráveis a que o próprio carreamento crie um estado de auto-equilíbrio. Embora já tenha, há uma década, compartilhado de entusiasmos pelos ensaios de Wolski *et al.* e pela coesão etc., actualmente postulo que seja preferível sempre pecar para o lado fino granular, pelo menos com uma camada intermediária filtrante, e, concomitantemente fazer com que a secção da barragem conduza a condições em que a própria rede crie tensões de compressão e arqueamento na interface, o tanto quanto possível.

Submeto a debate estas minhas preocupações com um indisfarçável senso de temor pelo que poderá ocorrer em obras com suas heterogeneidades estatísticas inexoráveis, em função de formulações indiscutivelmente válidas em laboratório e em comportamentos médios teóricos.

*Resposta** aos Comentários do Prof. Victor de Mello, por JOSÉ FOLQUE

O signatário agradece a Victor de Mello os seus pertinentes e estimulantes comentários. Eles demonstram, por um lado a actualidade da questão, e por outro a profundidade de análise que Victor de Mello imprime sempre aos seus trabalhos.

* Recebida em Maio de 1978.

1 – Começar-se-á por responder a uma questão menor, puramente terminológica. Mesmo por ser uma questão menor é que é talvez a única em que Victor de Mello não tem razão: o termo “sufusão”, em russo “suffozija”, é totalmente equivalente, na literatura soviética e doutros países do Leste europeu, ao inglês “piping”. Veja-se a este respeito o Vocabulário de termos de Mecânica dos Solos editado pela Gossudarstvennoie Izdatel’stva em 1958 (pág. 52, vocáb. n.º 753). Não só nesse Vocabulário se baseia o signatário mas também numa boa meia dúzia de trabalhos sobre o tema em que o termo é usado nessa acepção. Dada a importância secundária da questão o leitor dispensará mais pormenorizadas referências bibliográficas.

2 – Discorda Victor de Mello “da opinião de que as regras de dimensionamento de filtros para solos não-coesivos estão bem estudadas e constituem matéria pacífica”. Mas acrescenta que “serviram indubitavelmente por longo período em grande maioria de casos com muito sucesso”.

Tem razão Victor de Mello em considerar a opinião do signatário expressa de forma excessivamente peremptória, sem a conveniente moderação. Foi o signatário levado a isso, com intenção de simplificação expositiva, pelo grande contraste que se nota entre as numerosas incertezas que reinam na problemática de filtros para solos coesivos e o razoável domínio e compreensão dos fenómenos envolvidos em questões de filtros para solos não-coesivos. Concorde-se porém, como ficou dito, que uma redacção menos peremptória corresponde melhor à realidade.

3 – As curvas de distribuição de poros da Fig. 4 foram obtidas por cálculo de acordo com o método proposto por Araken da Silveira (1965). São passíveis das correcções a que se refere Victor de Mello, consequentes à sua desuniformidade. Não pareceu ao signatário que o facto tivesse relevo no contexto em que as utilizou. Mas as referidas correcções podem ser de facto significativas e, por outro lado, de difícil determinação. Por isso prefere-se, no prosseguimento dos estudos em curso no LNEC, efectuar todas as determinações porométricas por via experimental.

4 – Na Rankine Lecture de 1977 (Reflections on design decisions of practical significance to embankment dams, Geotechnique, no. 3, Setembro 1977) Victor de Mello expõe com muita penetração e justeza reflexões sobre problemas de

geotecnia que são sobredeterminados por grandezas com distribuição estatística de extremos. (Entre eles encontra-se o problema dos filtros). A estratégia proposta por Victor de Mello para lidar com estes problemas consiste em, sempre que possível, mudar de “universo estatístico”, quer dizer, adoptar uma solução para o problema que bloqueie, que contorne, o efeito da grandeza cuja ocorrência extrema seria catastrófica. As vantagens são enormes: por acréscimo de segurança visto que as grandezas com distribuição estatística de extremos são de previsão muito incerta; e por economia pois não se faz pagar à actual geração o custo de medidas adoptadas para fazer face a uma solicitação extrema, de probabilidade de ocorrência remota e grandeza incerta, muitas vezes tomada até por excesso.

Dá o signatário o seu completo acordo a tão sensata estratégia. Julga porém que Victor de Mello, tal como o signatário, adere ao “princípio da causalidade”. Nesta óptica, na esteira de Louis de Broglie, a abordagem probabilística aparece como um substituto para o tratamento determinístico pela impossibilidade de conhecer e dominar todos os numerosos “parâmetros escondidos”. A mudança de “universo estatístico” requer nesta conformidade um bom conhecimento dos mecanismos causais dos processos envolvidos, sendo tanto menor essa mudança quanto mais completo for o conhecimento. É isto que justifica o aprofundamento teórico e experimental, as experiências de laboratório e de campo preconizadas no artigo “sub judice”, pois assim se legitimarão as mudanças de “universo estatístico” que Victor de Mello recomenda. E que é esse o seu pensamento deduz-se da passagem da citada Rankine Lecture em que se lê: “Thus, while scientific investigation proceeds on the problems of erosion, deflocculation, dispersivity, and so on, the engineering solution limits itself . . .”.

Adoptem-se pois as soluções de engenharia que o bom senso recomenda – e nelas se incluem as que Victor de Mello preconiza – mas não se negligenciem os correlatos estudos de suporte, eis mais um ponto em que Victor de Mello e o signatário estão de acordo.