

A UTILIZAÇÃO DE TELAS, TECIDAS E NÃO-TECIDAS, EM OBRAS DE ENGENHARIA CIVIL*

The use of fabrics, woven and non-woven, in Civil Engineering works

por
JOSÉ FOLQUE**

RESUMO - A crescente utilização de telas em obras de engenharia civil leva a que se considere oportuno passar em revista algumas das suas principais características. Os ensaios de laboratório para determinação e controle de propriedades são sucintamente descritos. Apresentam-se por fim comentários sobre os possíveis campos de aplicação.

SYNOPSIS - The increasing use of fabrics in Civil Engineering works justifies a comprehensive review of the general properties of these materials. Laboratory tests aimed to determine and control the above mentioned properties are briefly described. Some case of potential application of fabrics to geotechnical works are discussed.

1 - INTRODUÇÃO

A aplicação de telas têxteis em obras de engenharia civil iniciou-se na última década e tem exibido notável incremento. Em Portugal algumas aplicações foram efectuadas se bem que pouco numerosas. Afigura-se que a sua divulgação no meio técnico português não é grande o que justifica que se apresente um breve apanhado das suas características e potencialidades e se apontem alguns exemplos de aplicação.

* Manuscrito recebido em Agosto 1979. A discussão do trabalho está aberta durante um período de três meses.

** Engenheiro Investigador, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

2 – O MATERIAL

Existem, no mercado internacional, telas constituídas por fibras poliamidos (nylon), polipropileno, poliéster (terilene) e polietileno. Os elementos bibliográficos consultados permitem concluir que qualquer um destes materiais pode ser utilizado adequadamente para casos de espécie, podendo também cada um apresentar inconvenientes para determinadas aplicações específicas. Assim os poliamidos absorvem mais água do que qualquer uma das outras fibras o que pode ser, ou não ser, um inconveniente. Também o polipropileno exhibe características de fluência mais acentuadas do que os outros materiais, o que evidentemente pode apresentar inconvenientes para certas aplicações e para outras ser irrelevante.

As telas podem ser tecidas ou não tecidas. Estas últimas são obtidas por processos mecânicos (entrelaçamento das fibras por agulhas), por colagem ou ainda por fusão parcial das fibras. As telas tecidas são obviamente anisótropas apresentando maior resistência e menor deformabilidade quando tensionadas na direcção da trama. As telas não-tecidas, em que as fibras se dispõem ao acaso em todas as direcções do plano, são praticamente isotropas. É evidente a conveniência desta característica embora em casos específicos, quando a tela é chamada a desempenhar um papel de reforço para absorver esforços unidireccionais, haja vantagem em usar telas tecidas.

3 – PROPRIEDADES DAS TELAS E ENSAIOS PARA A SUA DETERMINAÇÃO

Há lugar para distinguir entre propriedades hidráulicas, isto é, propriedades das telas a funcionar como drenos ou como filtros, e propriedades mecânicas.

As propriedades hidráulicas das telas são dominadas pela porosidade e pela permeabilidade. Os parâmetros quantificadores da porosidade que é habitual determinar são o “diâmetro equivalente de poro” e a percentagem de área aberta” (Lockett, 1977). São grandezas que podem ser determinadas ao microscópio. É usual contudo efectuar ensaios de tipo mais expedito. Assim, o “diâmetro equivalente” determina-se usando materiais granulares bem calibrados e medindo, como se a tela fosse um peneiro, o diâmetro máximo que a atravessa. A “percentagem de área aberta” determina-se fixando um fragmento de tela num projector de diapositivos e medindo a relação entre a área iluminada e a área obscurecida.

No que se refere à permeabilidade há a distinguir entre a permeabilidade para fluxo perpendicular à tela e a permeabilidade no plano da tela. A permeabilidade para fluxo perpendicular à tela é medida (Lockett, 1977) usando permeômetros de carga hidráulica constante em que se instalam diversas camadas de tela para alongar caminho de percolação e evitar assim escoamentos turbulentos.

A permeabilidade no plano da tela pode ser medida numa montagem do tipo da esquematizada na fig. 1 (Jean-Marie Rigo, 1979). A placa de suporte é perfurada para alimentar em água sob pressão a parte central de um provete de tela. O fluxo é radial e o caudal, Q , é função do coeficiente de permeabilidade k :

$$k = \frac{Q}{2\pi \Delta h} \lg r_1/r_0$$

em que Δh é a perda de carga entre o centro e o bordo do provete, r_1 o raio do provete e r_0 o raio do orifício de alimentação.

Todas as telas, de qualquer das fibras mencionadas e quer as tecidas quer as não tecidas, exibem permeabilidade no seu plano fortemente dependente da tensão exterior aplicada. Além disso a permeabilidade exhibe efeitos de “memória”: o andamento da permeabilidade com as tensões aplicadas é do tipo do apresentado na fig. 2

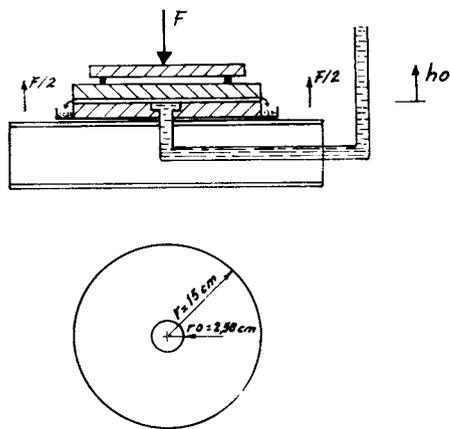


Fig. 1

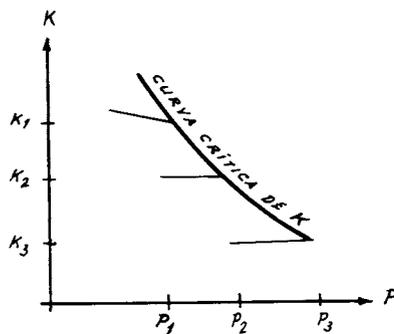


Fig. 2

No que diz respeito às propriedades mecânicas são as características de tracção as que mais interessa determinar (Hoare, 1978b); Mckeand, 1978).

O ensaio de tracção simples é significativo para telas tecidas, tensionadas na direcção da trama. Já para telas não-tecidas os provetes sofrem estiramento e estreitam substancialmente muito antes de entrar em ruptura dando resultados que são de significado discutível. Mais informativo é o ensaio de “arrancamento” (grab-test) em que o provete, também sujeito a tracção, exhibe largura substancialmente maior do que as garras que transmitem o esforço. Contudo nenhum destes ensaios satisfaz uma recolha de informação plenamente adequada; impõe-se para tal efectuar ensaios de tracção em extensão plana. Para os realizar é habitual adoptar uma das duas montagens que a seguir se referem.

– Ensaio biaxial – Adaptação da câmara triaxial em que se monta uma manga de tela com costura de forma a constituir um tubo que é sujeito a ensaio por pressão interior. O tubo é encamisado com uma membrana de borracha deformável.

– Ensaio de extensão plana – Um provete de tela é fixado a um conjunto de réguas, formando persiana, réguas que possuem agulhas para evitar extensões da tela perpendiculares à direcção da tracção; a tracção na tela é aplicada forçando o afastamento das réguas (abrindo a persiana). Este ensaio, bastante mais simples de realizar do que o ensaio biaxial, é reputado como dando resultados equivalentes.

Um ensaio que possui potencialidades informativas evidentes é o ensaio de “rebetamento” (burst test) em que a tela é levada á ruptura por pressão estando encaixada numa placa rígida com um orifício (Fig. 3). A tela é forrada com uma membrana de borracha muito extensível.

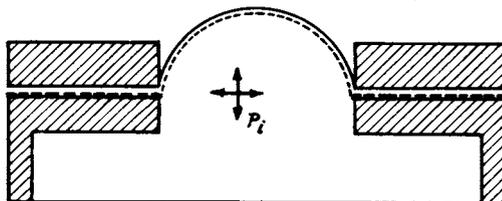


Fig. 3

Um outro ensaio usual é o de “rasgamento com gancho” em que, a partir de uma incisão na tela, se provoca o seu rasgamento puxando um gancho que tensiona a tela no seu plano.

De índole claramente imitativa de uma situação concreta é o ensaio de averiguação das danificações causadas por agregado: um fragmento de tela é fortemente pressionado contra agregado verificando-se posteriormente qual o decaimento que este facto origina nas suas propriedades mecânicas.

4 – ALGUNS CAMPOS DE APLICAÇÃO

Em 1977 realizou-se em Paris uma conferência Internacional sobre a utilização de telas em Geotecnia. O temário dessa Conferência pode servir como indicação das utilizações mais frequentes que actualmente têm estes materiais no mencionado domínio. Na Conferência foram tratados oito temas:

- telas na inter-face de fundação de estradas e caminhos de ferro
- telas na interface de fundação de barragens
- métodos de construção em multi-camadas (camadas alternadas de tela e solo)
- mecanismo de inter-acção tela-solo
- comportamento de telas incluindo o caso de filtros
- drenagem
- consolidação
- ensaios e especificações

A aplicação de telas na inter-face de fundação de aterros de estradas e caminhos de ferro é feita com propósitos múltiplos. Pode-se dizer que o principal objectivo é que a tela funcione como camada que evite a contaminação das camadas suprajacentes pelos solos finos da fundação (Hoare, 1978b). Este efeito é particularmente marcado no caso de balastros de caminho de ferro para obviar à “bombagem” de materiais finos induzida pelas cargas dinâmicas actuantes. É óbvio que um efeito de reforço por aumento da capacidade de carga na fundação do aterro existe também. Implica a mobilização desse efeito grandes extensões da tela pois que não trabalhando ela ao corte tracções têm de ser mobilizadas por curvatura da tela que a alonga e mobiliza esforços no seu plano (Fig. 4).

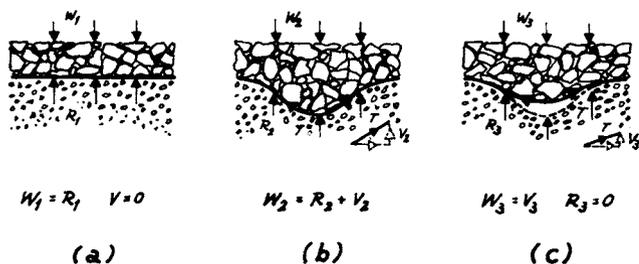


Fig. 4

Objectivos de drenagem ao longo do seu plano, e de filtro por substituição de uma camada de filtro convencional (Lockett, 1977, Forshey, 1977) também são atingidos pela utilização de telas; adiante se voltará a este aspecto com um pouco mais de pormenor.

Na fundação de pequenas barragens, e em geral de aterros fundados sobre solos moles, é o efeito de reforço aquele de que se procura tirar partido.

Os sistemas multi-camadas são particularmente aptos à construção de muros de suporte e obras de retenção em geral (Mohney, 1977; Hoare 1977). Um muro de suporte deste tipo é um muro de terra armada em que a armadura é constituída por tela. Cada folha de tela dá a volta frontalmente (Fig. 5) encapsulando a terra da camada e ficando a formar o paramento. Implica esta função de paramento a necessidade de um revestimento de protecção (betuminoso, gunito) contra a acção dos raios solares; são de facto as telas muito sensíveis à acção dos raios ultra-violetas não podendo dispensar uma protecção conveniente. A fig. 5 mostra o esquema de uma pequena barragem em que este princípio de suporte é aproveitado. Cada folha tomará a seu cargo a tracção da zona do diagrama de impulsos correspondentes. Tem portanto cada tela de se prolongar para além da superfície potencial de escorregamento num comprimento suficiente para garantir a sua ancoragem por aderência tela-solo.

A circunstância evocada na parte final do parágrafo antecedente refere-se a problemas de inter-acção tela-solo. No que respeita ao atrito, o mais importante destes aspectos, há boa evidência experimental de que ele é praticamente coincidente com o atrito do solo em que a tela está inserida.

No que respeita à utilização de telas com objectivos filtrantes há alguma experiência, embora pouca, no domínio de pequenas barragens, e mais vultuosa em obras rodoviárias.

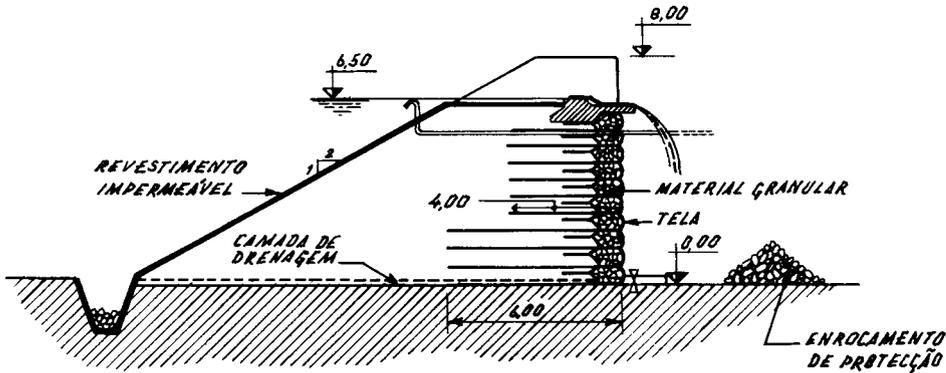


Fig. 5

Quando os solos a filtrar são granulares, com menos de 50% de finos (peneiro 200 ASTM), Lockett (1977) recomenda as seguintes condições para a tela:

- a) D_{85} do solo/diâmetro equiv. de poro ≥ 1
- b) a percentagem de área aberta não deve exceder 36%.

Para outros tipos de solo é recomendado:

- a) a dimensão equivalente de poro da tela não deve exceder a abertura do peneiro 70 ASTM ($\sim 0,2$ mm)
- b) a percentagem de área não deve exceder 10%.

A respeito do funcionamento de telas como camadas filtrantes é de salientar que o seu comportamento se encontra já bastante esclarecido sabendo-se que há algum entupimento dos poros menores e formação de efeitos de arco sobre os poros em geral. A tela diminui um pouco de permeabilidade, obtura-se parcialmente, mas dá origem à formação de uma camada filtrante adjacente que permanece estável e efectua a posterior retenção estereométrica das partículas finas evitando o prosseguimento de carreios. A capacidade de retenção das telas é assim muito maior do que a que se poderia presumir da simples consideração da geometria do seu diâmetro equivalente de poro.

A primeira aplicação de telas em barragens de terras a que se encontra referência data de 1970 (Hoare, 1977). Telas foram dispostas no paramento de jusante de uma barragem de pequena altura como camada de separação entre o rip-rap e o corpo da barragem. Passados sete anos amostras das telas foram

recuperadas e constatou-se que exibiam bom estado de conservação, embora com um decaimento muito ligeiro das propriedades mecânicas e hidráulicas: tinha bastado o rip-rap para as proteger de acções danificantes, sobretudo das provenientes da incidência dos raios solares.

As aplicações de telas para fins de drenagem têm sobretudo tido lugar em obras rodoviárias e ferroviárias. Trata-se, como é óbvio, de um efeito governado pela permeabilidade no próprio plano da tela. A este respeito recorde-se o que ficou dito sobre a grande dependência desta grandeza da tensão actuante, circunstância que na fase de projecto tem de ser devidamente ponderada.

No que respeita à aplicação de têxteis para acelerar a consolidação há que sublinhar que tem tido largo incremento a sua utilização como substituto dos clássicos drenos de areia em massas terrosas cuja consolidação se pretende forçar utilizando pré-cargas.

Para concluir considera-se conveniente transcrever de Hoare (1977) sem traduzir (para não trair):

“Since the use of fabrics in civil engineering has been limited to some 10/15 years, it would perhaps be premature to assume that longevity will extend to the normal UK design life of a permanent structure, even when the fabrics are buried underground away from the very damaging ultra-violet light and from vermin which can eat it.”

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKER, G. – Maine Department of Transportation experience with filter fabrics, Highway Focus, Maio 1977.
- BENSON – Filter cloth in Illinois, Highway Focus, Maio 1977.
- FORSHEY – Use of filter cloths for subsurface drainage, Highway Focus, Maio 1977.
- HOARE, D. J. – Fabrics in Geotechnics, Civil Engineering, Julho/Agosto 1977.
- HOARE, D. J. – Permeable synthetic fabrics membranes – Their use in the strengthening of soils, Ground Engineering, Julho 1978 a).
- HOARE, D. J. – Permeable synthetic fabrics membranes – Factors Affecting their choice and control in Geotechnics, Ground Engineering, Novembro 1978 b).
- LOCKETT – Use of filter fabrics in trench and french drains design, Highway Focus, Maio 1977.
- MCKEAN – Textile reinforcements – characteristics properties and their measurements, Ground Engineering, Out. 1978.
- MOHNEY – Fabrics retaining walls, Highway Focus, Maio 1977.
- RIGO, Jean-Marie – La mesure de la perméabilité dans le plan des géotextiles non-tissés, Geotech. – Ing. et Archit. Suisses, Abril 1979.