

Resumo

Os principais objectivos a atingir com a realização do trabalho, que originou esta Tese, foram conhecer mais aprofundadamente como se processa a dissipação de energia a jusante de uma estrutura hidráulica, fundada sobre leitos móveis, possíveis efeitos desse fenómeno e como controlar consequências indesejáveis, especificamente na zona do tapete de enrocamento de protecção do leito de jusante.

Para este fim optou-se por concretizar este trabalho num modelo físico que reproduzisse à escala o aproveitamento de fins múltiplos de Crestuma-Lever, do qual já havia estudos anteriores realizados pelo LNEC, existindo, assim, disponibilidade de alguns dados.

Estudaram-se diferentes situações de escoamento: dois tipos de aberturas das comportas (superior e inferior), diferentes caudais de cheia, e diferentes características granulométricas das camadas constituintes do tapete de enrocamento. O modelo realizado dispunha apenas de um vão completo, pelo que as medições se efectuaram no eixo de simetria do vão central.

Na expectativa de que os escoamentos fossem bidimensionais e respeitassem a lei logarítmica da parede, procedeu-se a medições por ALD, das velocidades médias do escoamento e suas flutuações. Verificou-se que não só eram tridimensionais, como pertenciam a uma família de escoamentos turbulentos, em que não há equilíbrio, sendo afectados de forma desconhecida pelas condições de montante. Para esta situação não é ainda conhecida qualquer lei analítica que os permita caracterizar, pelo que foi necessário recorrer a uma abordagem diferente.

Primeiro procedeu-se a uma cuidadosa observação do que ocorreu durante os ensaios. Conseguiu-se através das medições efectuadas, nalguns escoamentos, determinar a energia cinética média específica e a intensidade de turbulência.

Foram analisados os resultados obtidos, através da identificação do tipo de regime de escoamento, por verificação da auto-semelhança e critério de Rotta e dos critérios de início de movimento. Obtiveram-se os valores da velocidade média crítica tendo-se recorrido a diferentes fórmulas empíricas, propostas por Goncharov, Neil e Gardé e também ao ábaco de Hjulström. Posteriormente utilizou-se o critério da tensão crítica de arrastamento, que se determinou indirectamente através da velocidade de atrito junto ao leito, pelos métodos analíticos, para regime uniforme e para regime não uniforme. Para este último aplicaram-se as equações de movimento de Saint Venant. Verificou-se que o método gráfico de Clauser não era adequado às situações estudadas.

Pelos valores das tensões de arrastamento obtidas foi possível, usando o diagrama de Shields modificado e o critério de Lane, compará-los com as tensões críticas de arrastamento definidas por estes investigadores.

Foram ainda analisados complementarmente os valores das flutuações das velocidades, para confirmar o tipo de escoamentos ensaiados e alguns dos resultados obtidos.

Finalmente, procedeu-se a uma análise comparativa dos vários métodos utilizados e do que foi observado nos ensaios.

Para todos os métodos aplicados, com as simplificações e adaptações que foi necessário introduzir, dadas as características dos escoamentos estudados, confirmaram-se as conclusões tiradas durante a realização dos ensaios.

A turbulência ganha particular importância nos fenómenos de transporte e arrastamento de sedimentos, para escoamentos desacelerados.

Este estudo revelou uma condição que possibilitou a alteração do posicionamento da fossa, o que poderá permitir a optimização de soluções do ponto de vista: da segurança, ambiental e económico.

Abstract

The aim of this work, which originated this Thesis, was to know in more detail the process of energy dissipation in hydraulic structures established on mobile bed, its possible effects and how to control unwanted consequences, namely in the downstream alluvial bed rock fill protection.

To achieve this physical model conception and construction was used. Crestuma-Lever's dam was chosen since there was some available data from LNEC's previous studies.

Different flow conditions were studied: two dam gates' openings, two distinct flow rates and different rock fill protection gravel bed dimensions. The executed model had only one complete dam gate opening so the measurements were made on the symmetry axis of this dam gate opening.

LDA measurements were carried out to obtain flow average velocities and RMS values profiles. Obtaining two-dimensionality of the flow in the central region and a valid representation of it by the inner region log-law was not possible as the flow was clearly three-dimensional and of a non-equilibrium turbulent boundary-layer flow family "memory-dependent" (affected in an unknown manner by upstream conditions). There is still no analytical law known to represent this kind of flows, which led to a different kind of approach.

A careful observation of the experiments and measurements was done. Average kinetic energy and turbulence intensity in the symmetry axis could be computed for some flows.

The results obtained were analysed through the determination of the flow regime, by self-similarity's verification and Rotta's criteria and with the initiation of movement criterion. Average critical velocity was determined with different empirical formulae, proposed by Goncharov, Neil and Garde and Hjulström's abacus. Subsequently critical shear stress criterion was used by its indirect determination through the friction velocity values computed by analytical methods, for uniform flow and non-uniform flow. This last method was based on Saint Venant's equation of motion. Clauser's graphical method results showed that it was not suitable to the studied conditions.

The values of bottom shear stress obtained were compared with the critical shear stress defined by Shields, in his modified Shields diagram, and Lane, in his criterion.

Complementarily velocity's RMS values were analysed to confirm the flow regime and some of the achieved results.

All the applied methods, with the necessary simplifications and adaptations, given the studied flow characteristics, confirmed the observations and analysis made during the set of experiments.

Turbulence gains importance in sediment transport's phenomenon for decelerating flow.

This study revealed a condition which permitted the change of positioning of the bed scour, which may allow the optimization of solutions considering the trinomial safety-environment-price.