

DETERMINAÇÃO DA RUGOSIDADE DE UM CANAL EXPERIMENTAL DE ACRÍLICO

ALINE SAUPE ABREU¹; JULIANO PACHECO DOS SANTOS²;
WILLIAM CAETANO SANTOS³; GILBERTO LOGUERCIO COLLARES⁴;
MAURÍCIO DAI PRÁ⁵;

¹UFPEl - Curso de Graduação em Engenharia Hídrica – alsaupe@gmail.com;

²UFPEl - Curso de Graduação em Engenharia Hídrica – emaildojuliano1@gmail.com;

³UFPEl - Curso de Graduação em Engenharia Hídrica – eng.william.santos@gmail.com

⁴UFPEl/CDTec- Curso de Graduação em Engenharia Hídrica – gilbertocollares@gmail.com

⁵UFPEl/CDTec- Curso de Graduação em Engenharia Hídrica – mauricio.daipra@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

O comportamento hidrodinâmico do escoamento de fluidos, voltado principalmente para água, pode ser classificado, segundo Porto (2003), em duas categorias principais: i) Escoamento em Superfície Livre, onde as pressões atuantes sobre o fluido são iguais a pressão atmosférica (situação encontrada em Rios, Arroios, Córregos e Canais artificiais); e ii) Escoamento Forçado, situação representada pela atuação de pressões diferentes da pressão atmosférica, encontrada em tubulações e condutos completamente cheios de água.

No estudo de canais de superfície livre, situação facilmente encontrada no meio natural, são verificados diversos fatores que vêm a interferir no escoamento do fluido, desde a velocidade de escoamento, inclinação do fundo do canal, geometria e rugosidade do material de revestimento do mesmo, de forma a causarem o fenômeno de remanso, ou seja, uma variação gradual da altura de lâmina de água ao longo do escoamento (PORTO 2003).

Este trabalho baseia-se em dados extraídos em ensaios experimentais em um modelo didático de canal de acrílico localizado no laboratório de Hidráulica e Hidroenergia do Curso de Engenharia Hídrica-Campus Anglo. A estrutura do modelo didático permitiu ensaios para diferentes vazões e inclinações de fundo do canal de acrílico. As variáveis medidas foram as alturas do escoamento (y) ao longo do canal permitindo caracterizar o remanso e assim determinar, através da equação de Manning, o coeficiente (n) do material de revestimento e sua interferência ao longo do escoamento.

2. METODOLOGIA

O canal didático possui um sistema de circuito fechado composto por um reservatório de aproximadamente 350 litros, uma bomba centrífuga de 1,5cv, um quadro de piezômetros, uma tubulação de DN75 (responsável pela recirculação da água) e o canal de acrílico propriamente dito, nas dimensões de 3,00m de comprimento, 0,10m de largura e 0,30m de altura, sendo todo o sistema apresentado na figura 1 abaixo. O canal tem, também, um dispositivo que permite alterar a declividade de forma controlada.

Inicialmente foram estabelecidas as inclinações de fundo do canal (J) que venham a gerar variações significativas na dinâmica do escoamento e, conseqüentemente, no fenômeno de remanso, que passa produzir alterações nas profundidades do escoamento. Com o auxílio de um nível digital posicionou-se o canal nas inclinações definidas e para cada variação de vazão mediu-se a altura dos níveis da água nos pontos correspondentes. As posições de medição

adotadas foram de 20, 40, 60, 80, 100, 120, 160, 200, 220, 240, 260, e 280cm, medidas a partir do início do canal, onde, através de um ponta linimétrica graduada efetuaram-se a leitura dos níveis d'água.



Figura 1: Sistema de circuito fechado, canal didático de acrílico para estudos de escoamento em superfície livre.

As vazões foram obtidas através da medição das variações de pressão (ΔP) em um diafragma instalado no conduto de alimentação do sistema, a partir de um manômetro de mercúrio. Os valores de ΔP são relacionados à vazões a partir da equação 1.

$$Q = C_Q \cdot m \cdot A_t \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \frac{\Delta h_p}{100} \cdot d} \quad \text{Equação 1}$$

Onde: Q : Vazão do sistema em m^3/s ;
 m : Coeficiente de relação entre as áreas do diafragma.
 C_Q : Coeficiente de vazão obtido na calibração do diafragma.
 A_t : Área do conduto, em m^2 ;
 g : Aceleração da gravidade, em m/s^2 ;
 Δh_p : Variação de pressão expressa pelo manômetro, em cm;
 d : Densidade do fluido presente no manômetro (mercúrio: 13,6);

Através dos dados de altura do escoamento, inclinação do canal e vazão, foram, então calculados os coeficientes de rugosidades de Manning(n) médios para as condições de ensaio, utilizando-se da ferramenta solver do software Excel e da equação de Manning, conforme equação 2.

$$v = \frac{1}{n} \cdot (Rh)^{\frac{2}{3}} \cdot (J)^{\frac{1}{2}} \quad \text{Equação 2}$$

Onde: v : Velocidade do escoamento, em m/s ;
 n : Coeficiente de rugosidade de Manning, em $m^{-1/3} \cdot s$;
 Rh : Raio Hidráulico, em m ;
 J : Inclinação de fundo do canal, em m/m ;

Com os valores de velocidade do escoamento estabelecidos pela relação da equação da continuidade, a vazão, e as alturas medidas, estipulou-se intervalos menores de 0,02cm entre cada altura para a discretização do cálculo do remanso.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar o efeito do remanso ao longo do escoamento foram plotados gráficos das alturas da lâmina de água em relação às distâncias longitudinais do canal de acrílico. Para uma inclinação de 0,036m pode-se constatar um comportamento semelhante entre as alturas do nível da água nas diferentes vazões de ensaio. A medida que o escoamento perde carga, ao superar o atrito das paredes e do fundo, também é favorecido pela inclinação de fundo positiva o que acaba por gerar o fenômeno de remanso. Na tentativa de igualar as energias a montante e a jusante do canal, o escoamento sofre alteração em suas alturas, de maneira que as alturas apresentadas no início do escoamento são maiores do que as apresentadas no trecho de maior energia, Figura 2.

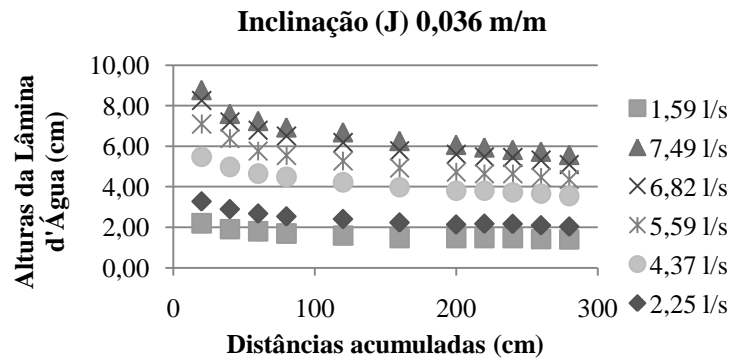


Figura 2: Comportamento do escoamento para diferentes vazões em uma mesma inclinação de fundo (0,036m/m).

Nas menores vazões de ensaio a inclinação de fundo passa a não gerar uma influência tão significativa no escoamento, apesar de existente, o que se evidencia na redução das variações de altura da lâmina de água ao longo do escoamento. Nesta situação é a rugosidade o fator limitante entre as discrepâncias de alturas do fluxo.

Ao analisarmos o escoamento para uma vazão constante de 4,37L/s, as alturas da lâmina de água passam a sofrer alterações maiores para as declividades negativas, entre início e final do canal, em relação as constatadas nas declividades a favor do escoamento(positivas).

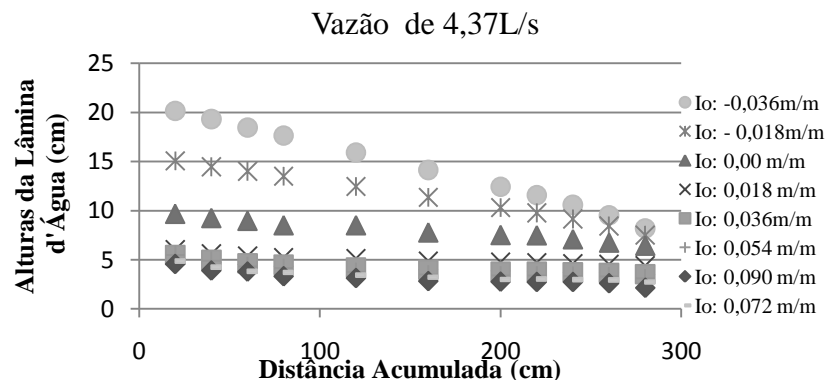


Figura 3: Alturas da lâmina de água para diferentes inclinações de fundo.

Conforme o apresentado na Figura 3, o efeito do remanso existe, pois as alturas no início do canal são maiores do que as apresentadas no final do canal, fato que não acontece em escoamentos em regime uniforme, onde as alturas permanecem constante ao longo do canal analisado. Além disso, para as inclinações mais altas o fluxo possui uma variação menor entre as alturas da linha d'água justificado pelo aumento de velocidade devido ao favorecimento do escoamento.

Através do cálculo do remanso tornou-se possível a determinação do coeficiente de rugosidade de Manning, este definido principalmente pelo tipo de material de revestimento das paredes e do fundo, chegando ao valor médio de 0,0095, conforme Figura 4.

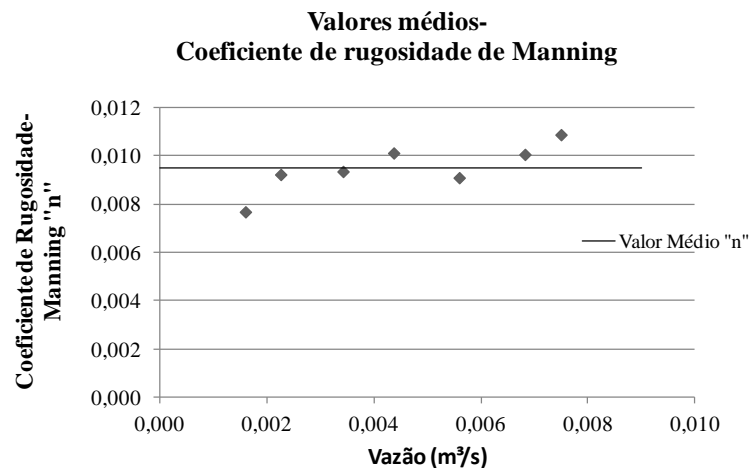


Figura 4: Valores médios para o coeficiente de rugosidade de Manning para as diferentes vazões e inclinações de ensaio.

Os valores médios do coeficiente de rugosidade não apresentaram grandes discrepâncias entre cada uma das vazões analisadas, o que tornou o resultado de rugosidade bem mais representativo do que os valores tabelados encontrados na literatura para canais de revestimento de acrílico.

4. CONCLUSÕES

Através dos ensaios experimentais no canal de acrílico, para as diferentes vazões e inclinações de fundo, foi possível constatar as variações no nível da lâmina de água ao longo do canal, resultado do fenômeno de remanso no escoamento.

Desta forma, com os dados apresentados durante nos ensaios tornou-se possível a determinação do coeficiente de rugosidade médio que melhor represente o material de revestimento das paredes e do fundo do canal, chegando a um coeficiente médio de 0,0095.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PORTO, R. M. **Hidráulica Básica**. São Carlos-SP: Suprema Gráfica e Editora Ltda, 2006.

MAXIMA INDUSTRIAL LIMITADA. **Canal para Experimentos Hidráulicos**. São Bernardo do Campo-SP, 2005, Online, Disponível em: [HTTP://maximaindustrial.com.br](http://maximaindustrial.com.br).