

GUILHERME BASTOS LYRA

**AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DA OCORRÊNCIA DA VAZÃO E  
VELOCIDADE MÁXIMAS EM CANAIS DE SEÇÃO CIRCULAR**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de "*Magister Scientiae*".

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2003

GUILHERME BASTOS LYRA

**AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DA OCORRÊNCIA DA VAZÃO E  
VELOCIDADE MÁXIMAS EM CANAIS DE SEÇÃO CIRCULAR**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de "*Magister Scientiae*".

APROVADA: 16 de julho de 2003

---

Prof. Demetrius David da Silva  
(Conselheiro)

---

Prof. Paulo Roberto Cecon  
(Conselheiro)

---

Prof. Edvaldo Fialho dos Reis

---

Prof. Márcio Mota Ramos

---

Prof. Wilson Denículi  
(Orientador)

## A DEUS

Aos meus avós paternos Israel (*in memoriam*) e Christina e  
maternos Anésio (*in memoriam*) e Gerusa (*in memoriam*).

Aos meus pais Feliciano (*in memoriam*) e Rita Maria.

Aos meus irmãos Gustavo e Christina e minha sobrinha Julia

Aos meus tios e primos.

## DEDICO.

“Para cultivar a sabedoria, é preciso força interior. Sem crescimento interno, é difícil conquistar a autoconfiança e a coragem necessárias. Sem elas, nossa vida se complica. O impossível torna-se possível com a força de vontade”.

DALAI-LAMA

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Viçosa, por meio do programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso.

A CAPES, pela concessão de bolsa de estudos.

Ao professor Wilson Denículi, pelo seu profissionalismo, pela dedicação, paciência, companheirismo e franqueza.

Aos professores Rubens Alves de Oliveira, Demetrius David da Silva e Paulo Roberto Cecon, Márcio Mota, pelas críticas construtivas, sugestões apresentadas e pela amizade.

Ao professor Gilberto C. Sedyama, pelos conselhos, amizade, apoio e presença no meu mestrado.

Aos professores do curso de Agronomia da Universidade Federal de Alagoas Geraldo Veríssimo, Gilson Moura e José Leonaldo pelos ensinamentos e dedicação na vida acadêmica.

Aos eternos amigos Artur Nogueira, Erickson Jesus, Vanessa da Silveira Duarte, Renata Nogueira, Hewlley Acioli, Márcio Takeshi, Viviane Brandão e Dalmácio Espindula.

Aos meus irmãos Gustavo e Christina por todos os conselhos, convivência e principalmente pelo apoio nos momentos de dificuldades.

Aos Amigos de república Geraldo Magela, José Luiz, Ricardo Alexandre, Evaldo de Paiva pela tranqüila convivência durante a minha permanência em Viçosa.

A Deus, acima de tudo, pois sou vitorioso somente em seu nome.

Aos funcionários Antonio Inácio, Francisco Viana Texeira, Galinari, José Mauro e demais funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, pelo tratamento e pela presteza, sem os quais não seria possível a realização eficiente deste trabalho.

Aos demais colegas do Programa de Pós-Graduação, pela amizade, pela convivência e pelo ambiente profissional proporcionado.

## **BIOGRAFIA**

GUILHERME BASTOS LYRA – filho de Feliciano Lyra Neto (*in memoriam*) e Rita Maria Bastos Lyra – Nasceu em 21 de outubro de 1976, na cidade de Maceió, Alagoas.

Em Março de 2001, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Alagoas em Maceió, Alagoas.

Em Agosto de 2001, iniciou no programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa , Minas Gerais, submetendo-se a defesa de tese em 16 de Julho de 2003.

## ÍNDICE

RESUMO .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
ABSTRACT .....	ix
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	15
3.1. Descrição do experimento .....	15
3.2. Determinação do diâmetro interno das tubulações.....	19
3.3. Determinação da altura de lâmina de água dos canais .....	20
3.4. Determinação da vazão .....	21
3.5. Determinação dos coeficientes de rugosidade de Manning e Bazin..	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5. RESUMO E CONCLUSÕES .....	47
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	49
APÊNDICE A .....	52
APÊNDICE B .....	61

## RESUMO

BASTOS LYRA, Guilherme, M. S., Universidade Federal de Viçosa, Julho de 2003. **Avaliação Experimental da Ocorrência da Vazão e Velocidade Máximas em Canais de Seção Circular**. Orientador: Wilson Denículi. Conselheiros: Demetrius David da Silva, Paulo Roberto Cecon e Rubens Alves de Oliveira.

No presente trabalho propôs-se verificar, experimentalmente, a validade da relação entre a altura de lâmina de água e diâmetro ( $y/D$ ) para a definição da máxima vazão e máxima velocidade em canais de seção circular fechada, para regime de escoamento permanente uniforme e subcrítico; e determinar os coeficientes de rugosidade de Manning ( $n$ ) e Bazin ( $n'$ ) para tubos de PVC com diferentes declividades. O trabalho foi conduzido no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, onde foram instalados canais de seção circular em PVC, com diâmetros comerciais de 100, 150, 200, 250 mm, 18 metros de comprimento e declividades de 0,05 %; 0,10 %; 0,15 % e 0,20 %. As declividades foram estabelecidas através de cavaletes, tendo-se o cuidado de garantir a ocorrência do regime de escoamento permanente, uniforme e subcrítico. A vazão de alimentação dos canais, derivada de um reservatório de nível constante, foi controlada por meio de uma válvula gaveta e por by-pass, e determinada por um diafragma. Uma caixa estabilizadora foi usada e teve a função de uniformizar o escoamento de tal maneira que este ocorresse livre de perturbações ao longo do canal e uma

caixa receptora também foi usada com a função de manter constante o nível d'água no final do canal e reconduzir, com o auxílio de uma bomba, a água para o reservatório de nível constante. Considerando os objetivos deste trabalho e os resultados alcançados, obtiveram-se as seguintes conclusões: a máxima vazão em canais de seção circular ocorreu a uma altura de lâmina de 0,93 a 0,95 do diâmetro interno da tubulação, não sofrendo influências das declividades, apenas das alturas de lâmina d'água; a máxima velocidade em canais de seção circular ocorreu a uma altura de lâmina de 0,78 a 0,82 do diâmetro interno da tubulação, não sofrendo influências das declividades, apenas das alturas de lâmina d'água; a vazão a seção plena representou 94 % daquela escoada para  $y/D = 0,95$  e a velocidade a seção plena representou 90 % daquela da velocidade para  $y/D = 0,81$ . Os coeficientes de rugosidade de Manning válidos para o Sistema Internacional de Unidades (SI), para os diâmetros comerciais de 100, 150, 200 e 250 milímetros de tubulações de PVC são respectivamente 0,0080, 0,0092, 0,0095, e 0,0099 e os coeficientes de rugosidade de Bazin 0,05, 0,07, 0,08 e 0,09, para as mesmas condições, não ocorrendo diferença na rugosidade devido à mudança de declividade.

## ABSTRACT

BASTOS LYRA, Guilherme, M. S., Universidade Federal de Viçosa, July 2003. **Experimental Evaluation of discharge and Maximal Speed in Circular Section Channels.** Adviser: Wilson Denículi. Committee members: Demetrius David Da Silva, Paulo Roberto Cecon and Rubens Alves de Oliveira.

The relation between water depth and diameter ( $y/D$ ) was experimentally validated in order to define the maximal discharge and speed in channels of a closed circular section for a permanent, uniform, and undercritical flow regime; and to determine the roughness coefficients of Manning ( $n$ ) and Bazin ( $n'$ ) for PVC tubes with different slopes. The study was carried out at the Laboratory of Hydraulics (Department of Agricultural Engineering) at the Universidade Federal de Viçosa, State of Minas Gerais, Brazil. 18 m long circular section channels of PVC (100, 150, 200, and 250 mm diameter) were installed with slopes of 0,05%; 0,10%; 0,15%, and 0,20%. These were established by scaffolds, which ensured a permanent, uniform, and fluvial flow regime. The discharge of the channel supply, derived from a constant level reserve, was controlled by a drawer valve and by-pass,

and determined by a diaphragm. A stabilizing box was used in order to standardize the flow, so that no interference could hinder the flow along the channel. Moreover, a recipient box was used to maintain the water level at the channel's end constant, and to pump the water back into the constant water level reserve. Regarding the objectives and the obtained results, the following conclusions were drawn: the maximum discharge in circular section channels occurred at water depths between 0,93 and 0,95 of the internal pipe diameter, not influenced by the slopes, but only by the water depth. From this point on, the discharge sank slightly, since the increment of the irrigated perimeter was greater than that of the irrigated area. This led to a reduced hydraulic radius, thus validating the equation proposed by Manning. The speed in the circular section channels was highest at water depths between 0,78 and 0,82 of the internal pipe diameter with no influence of the slopes, only of the water depths.

The discharge to the full section was 94% of the flow at  $y/D = 0,95$  and the full section speed was 90% of a speed of  $y/D = 0,81$ . The effective roughness coefficients of Manning, according to the Sistema Internacional de Unidades (SI), and for the commercial diameters of 100, 150, 200, and 250 mm of PVC pipe are, respectively, 0,0080, 0,0092, 0,0095, and 0,0099. The roughness coefficients of Bazin are 0,05, 0,07, 0,08, and 0,09, for the same conditions, with no alterations in roughness under changing slopes.

## 1. INTRODUÇÃO

A condução de água pode ser feita por meio de condutos forçados ou condutos livres. Nos condutos forçados o escoamento ocorre à pressão diferente da atmosférica e, nos canais, a superfície livre do escoamento está sujeita a pressão atmosférica. Os condutos forçados apresentam sempre seção fechada, enquanto que nos condutos livres a seção pode ser tanto fechada como aberta, sendo que, no caso da seção fechada, o escoamento geralmente ocorre com seção parcialmente cheia.

Nos condutos livres de seção aberta, a vazão cresce com o aumento da lâmina de água, ocorrendo o mesmo com aqueles de seção circular fechada, até um certo limite de altura da lâmina, onde a vazão atinge um valor máximo. Daí em diante, o acréscimo da lâmina provoca um decréscimo na vazão até atingir a seção plena, tendo em vista que o incremento do perímetro molhado é mais expressivo que o da área molhada, resultando em menor raio hidráulico (CHOW,1994). Outro fato observado é que a altura da lâmina de água correspondente à ocorrência da vazão máxima não é a mesma para aquela correspondente à velocidade máxima de escoamento (HENDERSON,1980).

Os valores teóricos de vazão máxima e velocidade máxima são encontrados nas relações de altura de lâmina e diâmetro ( $y/D$ ) iguais a 0,95 e 0,81, respectivamente. De acordo com SILVESTRE (1972), outras conclusões teóricas podem ser obtidas pela equação de Manning: vazão

escoada para  $y/D = 0,82$  iguala-se à vazão escoada para a seção plena ( $y/D = 1$ ) e a vazão escoada a seção plena é 93 % daquela escoada para  $y/D = 0,95$ .

As conclusões tiradas anteriormente são de cunho teórico, necessitando comprovação experimental, principalmente no que se refere à relação para vazão máxima ( $y/D = 0,95$ ), tendo-se em vista que nesta situação o escoamento é muito instável, o que deve ser evitado com a adoção de relações inferiores em casos de projetos. Para condições de cálculo hidráulico o valor normalmente adotado é de  $y/D = 0,75$  (GARCEZ, 1976; NETTO & BOTELHO, 1991; NETTO & ALVAREZ, 1994; TCPO 10, 2001).

A despeito das semelhanças apresentadas entre os dois tipos de condutos, os problemas apresentados pelos condutos livres são mais difíceis de serem resolvidos, porque a superfície livre pode variar no espaço e no tempo e, em conseqüência, a profundidade do escoamento, a vazão, a declividade do fundo e a do espelho líquido são grandezas independentes, e em função disso a obtenção de dados experimentais relacionados aos condutos livres é bastante difícil. Os condutos sob pressão são geralmente circulares, com poucos tipos de rugosidade, ao passo que nos canais a forma varia de circular a formas irregulares como em cursos d'água naturais, sendo mais complexa a determinação dos coeficientes de rugosidade que intervêm nas fórmulas de cálculo da vazão.

Em face das questões levantadas, os objetivos do presente trabalho foram:

- Verificar experimentalmente a validade da relação entre altura da lâmina e o diâmetro interno para a definição da vazão máxima e velocidade máxima em canais de PVC de seção circular fechada,
- Determinar os coeficientes de rugosidade de Manning e Bazin para canais de PVC de seção circular fechada;

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Dá-se o nome de canais ou condutos livres àqueles condutos em que a parte superior do líquido está sujeita a pressão atmosférica. O movimento do fluido não depende, como nos condutos forçados, da pressão existente, mas da inclinação da linha de energia. Nesses tipos de condutos enquadram-se os cursos d'água naturais, os canais artificiais de irrigação e drenagem, os condutos de drenagem subterrânea; os aquedutos abertos, os condutos de esgotos e, de modo geral, as canalizações fechadas onde o líquido não enche completamente a seção do escoamento.

A diversidade das formas das seções torna geralmente difícil defini-las por uma única dimensão, como o diâmetro, por exemplo, no caso dos condutos circulares; por isso, recorrer-se ao raio hidráulico, que é a relação entre a área da seção molhada e o perímetro molhado, sendo este o perímetro da seção em contato com a parede, com exclusão da superfície livre (NEVES, 1989).

O escoamento de um fluido através de um conduto apresenta dois tipos de atrito: um interno e outro externo. O atrito interno é conhecido como viscosidade do fluido, definido como a propriedade que determina o grau de resistência encontrada pelas partículas fluidas ao deslizarem umas sobre as outras. O atrito externo consiste na resistência oferecida pela superfície sólida ao deslizamento do fluido.

O escoamento pode ser classificado com relação ao tempo em permanente ou não-permanente e com relação ao espaço em uniforme ou não-uniforme. Para a análise em relação ao tempo, deve-se fixar num determinado ponto e observar o que ocorre com o escoamento ao longo do tempo e vice-versa.

O regime é permanente quando grandezas físicas como a velocidade, a pressão e a densidade não variam no mesmo ponto; neste caso, estas variáveis são funções apenas das coordenadas dos pontos, e nas equações gerais desaparecem as derivadas e diferenciais em relação ao tempo.

O escoamento permanente é dito uniforme quando a velocidade média permanece constante ao longo do escoamento; caso contrário, o escoamento é classificado como permanente e não uniforme.

Pode-se também classificar o escoamento como turbulento ou laminar.

O escoamento turbulento é observado mais freqüentemente na prática da engenharia. Neste, as partículas do fluido movem-se em trajetórias irregulares, causando maior intercâmbio de quantidade de movimento (FEIZ et al., 2003).

No escoamento laminar, as partículas movem-se ao longo de trajetórias suaves, em laminas ou camadas, com cada uma destas deslizando suavemente sobre a adjacente. A natureza de um escoamento laminar ou turbulento é indicada pelo número de Reynolds ( $Re = V D/\nu$ ). Sendo o diâmetro substituído pelo raio hidráulico da equação original, pode-se determinar o número de Reynolds para canais da seguinte forma:

$$Re = \frac{V R}{\nu} \quad (1)$$

em que,

Re = número de Reynolds, adimensional;

V = velocidade média do escoamento,  $L T^{-1}$ ;

R = raio hidráulico, L;

$\nu$  = viscosidade cinemática do fluido,  $L^2 T^{-1}$ .

De acordo com STREETER & WYLIE (1982), no escoamento em condutos livres quando  $Re < 500$  o escoamento é classificado como laminar,  $500 < Re < 2.000$  é a região de transição, na qual o escoamento tanto pode ser laminar como turbulento, e quando  $Re > 2.000$  o escoamento é turbulento. Os autores ainda destacam que os escoamentos em canais são na maioria turbulentos, sendo que as equações em uso pressupõem completa turbulência.

No regime turbulento, Assy (1977), citado por TARGA (1997) comenta que condições especiais reinam nas vizinhanças imediatas da parede do conduto. Nesta região, a presença de um contorno sólido impede o movimento transversal dos elementos fluidos, tornando impossível também a flutuação das velocidades. Forma-se assim, dentro da camada limite turbulenta, uma sub-região justaposta à parede do conduto, extremamente delgada, onde o movimento é laminar (filme laminar). Observa-se que para determinado conduto com dada dimensão de diâmetro e de rugosidade da parede, a espessura do filme laminar é função decrescente do número de Reynolds. Deste modo se o  $Re$  é suficientemente pequeno, a espessura do filme aumenta e minimiza o efeito das asperezas ou rugosidade da parede e o conduto, neste caso, é considerado hidraulicamente liso. Do mesmo modo se  $Re$  aumenta, a espessura relativa do filme diminui e a rugosidade do tubo entra em contato direto com a parte do fluido em escoamento turbulento, e a superfície é considerada hidraulicamente rugosa.

BAGARELLO (1995) utilizou o número de Reynolds para avaliar experimentalmente a resistência de fluxo em tubulações plásticas de diâmetros pequenos; as análises mostraram que uma equação empírica e uma semi-empírica aproximaram-se dos valores de perda de carga por unidade de comprimento, estimados experimentalmente. GILLEY et al. (1991) apresentaram coeficientes de rugosidade para várias superfícies em função do número de Reynolds menores que 20.000.

O número de Froude desempenha importante papel no estudo dos canais, permitindo definir os regimes de escoamento como crítico, subcrítico e supercrítico. Quando o escoamento ocorre com baixa velocidade, de modo que uma pequena perturbação na direção de montante, e assim alterar as condições na mesma, diz-se tratar de escoamento em regime subcrítico.

Sendo o escoamento subcrítico profundo e lento. Quando o escoamento ocorre com velocidades tão altas que uma pequena perturbação, tal que uma onda elementar é arrastada corrente abaixo, o escoamento é descrito como de regime supercrítico. Podendo ser caracterizado como um escoamento raso e com velocidade alta. Quando o escoamento tem velocidade exatamente igual a de uma onda elementar o escoamento é dito crítico.

Número Froude é resultante da relação entre as forças de inércias e gravitacional, resultando na equação:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g y_m}} \quad (2)$$

em que,

Fr = número de Froude, adimensional;

g = aceleração da gravidade,  $L T^{-2}$ ;

$y_m$  = profundidade média do escoamento, L.

Para  $Fr = 1$ , o regime de escoamento é considerado crítico;  $Fr < 1$ , regime subcrítico e  $Fr > 1$ , regime supercrítico.

As leis físicas que regem o movimento dos fluidos em condutos livres são essencialmente as mesmas usadas em condutos forçados. A equação da resistência pode ser derivada para cada tipo de conduto pelo balanceamento das forças cisalhantes, contrárias ao movimento, que atuam nos contornos do volume de controle, e da força propulsora que age na direção do escoamento. Enquanto nos condutos forçados a força propulsora é o gradiente piezométrico, nos canais ela é essencialmente a componente peso na direção do escoamento.

Desde o século XIX, pesquisadores visavam determinar empiricamente valores para o coeficiente de resistência da equação de Chezy que fosse de fácil utilização, podendo ser descrita pela seguinte equação, válida para o sistema internacional de unidades (SI):

$$V = C \sqrt{R I} \quad (3)$$

em que,

C = fator de resistência de Chezy,  $m^{-1/2} s^{-1}$ ;

I = declividade do canal,  $m m^{-1}$ .

Em 1897, o engenheiro hidráulico francês Bazin propôs uma equação, de escoamento em canais, baseada nos estudos iniciados por Darcy. Segundo NEVES (1989) a fórmula original apresentada por Bazin era válida apenas para canais retangulares, dando valores um pouco inferiores aos reais para as demais seções, entretanto o autor desenvolveu outra fórmula aplicada a qualquer seção, embora estabelecida para canais artificiais, podendo-se aplicá-la a canais naturais, se bem que com menor precisão.

Baseado em dados experimentais Bazin propôs a seguinte equação para o cálculo de C da equação de Chezy, válida para o sistema internacional de unidades (SI):

$$C = \frac{87 \sqrt{R}}{n' + \sqrt{R}} \quad (4)$$

em que,

$n'$  = coeficiente de rugosidade de Bazin,  $m^{1/2}$ ;

NETTO & ALVAREZ (1994) afirmam que um dos grandes problemas da equação de Bazin é o pequeno número de coeficientes apresentados, que inicialmente eram apenas seis, generalizando os vários tipos de materiais (Quadro 1).

Quadro 1 - Classificação primária para o coeficiente de rugosidade de Bazin (n') dependente da natureza das paredes

Natureza da parede	n'
Muito lisa (cimento alisado e madeira aplainada);	0,06
Lisa (madeira não aplainada, pedra regular, tijolos);	0,16
Alvenaria de pedra bruta	0,46
Parede mista; seções regulares de terra ou empedradas;	0,85
Canais de terra, em condições ordinárias;	1,30
Canais de terra, com resistência excepcional, fundo com vegetação e pedra	1,75

Fonte: NEVES (1989) e SILVESTRE (1979)

Segundo NEVES (1989) os resultados de observações mais modernas permitiram estabelecer uma melhor definição das categorias de paredes, que são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Valores do coeficiente de Bazin (n') para diversos tipos de paredes de condutos

Natureza da parede	Muito bom	Bom	Regular
Manilha de cerâmica	0,06	0,22	0,33
Superfície lisa de cimento	0,00	0,06	0,14
Tubos de concreto	0,14	0,22	0,33
Condutos metálicos lisos	0,06	0,14	0,22
Calhas de madeira aparelhadas	0,00	0,14	0,22
Drenos de barro	0,11	0,17	0,28
Canais revestidos com concreto	0,14	0,28	0,41
Canais de terra em boas condições	0,50	0,69	0,88
Canais escavados em rocha	1,38	1,75	2,04

Fonte: NETTO & ALVAREZ (1994).

De acordo com Manning o fator de resistência de Chezy pode ser representado da seguinte maneira, considerando o sistema internacional de unidades (SI):

$$C = \frac{R^{1/6}}{n} \quad (5)$$

em que,

$n$  = coeficiente de rugosidade de Manning,  $m^{-1/3} s$ .

Devido à simplicidade de sua forma e os resultados satisfatórios nas aplicações práticas, a equação de Manning é uma das mais utilizadas para o cálculo de canais em regime de escoamento uniforme. Substituindo o valor de  $C$  da equação 5 na equação de Chezy (equação 3), tem-se, considerando o sistema internacional de unidades (SI):

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (6)$$

Segundo CHOW (1994) esta fórmula foi desenvolvida baseada em sete equações diferentes, em dados experimentais de Bazin e em 170 observações experimentais.

Ao utilizar a equação de Manning a maior dificuldade é a definição do coeficiente de rugosidade  $n$ , já que não existe um método exato para sua seleção. Com o nível de conhecimento atual, selecionar um valor de “ $n$ ” significa estimar a resistência de um escoamento em determinado canal. Na realidade, o valor de  $n$  é muito variável e depende de um certo número de fatores. Alguns métodos apresentados para estimativa do coeficiente requerem dados de lâmina de água em diferentes alturas (HARUN-UR-RASHID, 1990).

Na seleção do valor apropriado para diferentes condições de projeto é necessário ter conhecimento básico de alguns fatores:

- a) Rugosidade da superfície: representada pelo tamanho e formas das partículas do material, que constituem o perímetro molhado e produzem um efeito retardado no escoamento. Quando o material é fino, o valor de “ $n$ ” é baixo e não é afetado experimentalmente pela mudança da altura de lâmina de água. Geralmente este fator é o único que tem sido usado para escolher um coeficiente de

rugosidade, mas na realidade é apenas um dos vários fatores que podem ser considerados importantes.

- b) Irregularidade do canal: este fator inclui irregularidade no perímetro molhado e variações na seção transversal, no tamanho e na forma do canal.
- c) Alinhamento do canal: curvas suaves com raio grande produzem valores de  $n$  relativamente baixos. Em trabalhos experimentais em laboratório SCOBAY (1933) sugeriu que o valor de  $n$  deve aumentar 0,001 para cada 20 graus de curvatura em 100 pés (30,48 metros).
- d) Tamanho e forma do canal: não existem evidências definitivas com relação ao tamanho e a forma do canal como fatores importantes que afetem o valor de  $n$ . Um incremento no raio hidráulico pode aumentar ou diminuir  $n$ .
- e) Altura da lâmina de água e vazão: na maior parte dos escoamentos o valor de “ $n$ ” diminui com o aumento do nível da água e da vazão. Quando a lâmina d’água é baixa a irregularidade do fundo do canal está exposta ao seu efeito, aumentando o efeito da rugosidade.

O Quadro 3 apresenta uma lista de valores de coeficiente de rugosidade de Manning para canais de diferentes tipos de materiais.

Quadro 3 - Valores do coeficiente de rugosidade de Manning (n) para canais de diferentes classes

Natureza da parede	Perfeito	Bom	Regular
Bronze	0,009	0,010	0,013
Lucita	0,008	0,009	0,010
Plástico	0,009	0,010	0,011
Acrílico	0,008	0,009	0,010
Cimento liso	0,010	0,011	0,012
Asfalto rugoso	0,016	0,016	-
Asfalto liso	0,013	0,013	-
Ferro galvanizado	0,013	0,016	0,017
Argamassa de cimento	0,011	0,012	0,013
Canais revestidos de concreto	0,012	0,014	0,016
Pedra bruta rejuntada com cimento	0,017	0,020	0,025
Paredes de pedra lisa, em canal uniforme	0,025	0,030	0,033
Paredes rugosas de pedras irregulares	0,035	0,040	0,045

Fonte: HENDERSON (1980) e CHOW (1994)

Segundo HENDERSON (1980) os valores citados no Quadro 3 podem variar em  $\pm 0,001$ . Baseados em dados experimentais CAMP (1946) mostrou que o coeficiente de rugosidade de Manning varia com a altura da lâmina.

Utilizando-se a equação de Manning pode-se dimensionar as seções circulares operando em regime de escoamento permanente, uniforme e subcrítico, com base nas seguintes equações (SILVESTRE, 1972):

$$Q = \frac{D^2}{8n} (\theta - \text{sen}\theta) R^{2/3} I^{1/2} \quad (7)$$

$$R = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta}\right) \quad (8)$$

$$\theta = 2 \arccos\left(1 - 2 \frac{y}{D}\right) \quad (9)$$

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{\frac{g}{8} (\theta - \text{sen}\theta) D \left(\text{sen}\frac{\theta}{2}\right)^{-1}}} \quad (10)$$

em que,

Q = vazão escoada,  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ;

D = diâmetro interno da tubulação, m;

$\theta$  = ângulo tomado conforme a Figura 1, rad.

Na Figura 1 estão representados os elementos geométricos da seção circular do canal, definidos nas equações anteriores:

Substituindo-se o raio hidráulico da equação 8 nas equações 6 e 7, chega-se a:

$$V = \frac{1}{2,52n} D^{2/3} \left(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta}\right)^{2/3} \quad (11)$$

$$Q = \frac{1}{20,16n} D^{8/3} \left(\frac{\theta - \text{sen}\theta}{\theta^{2/3}}\right)^{5/3} \quad (12)$$

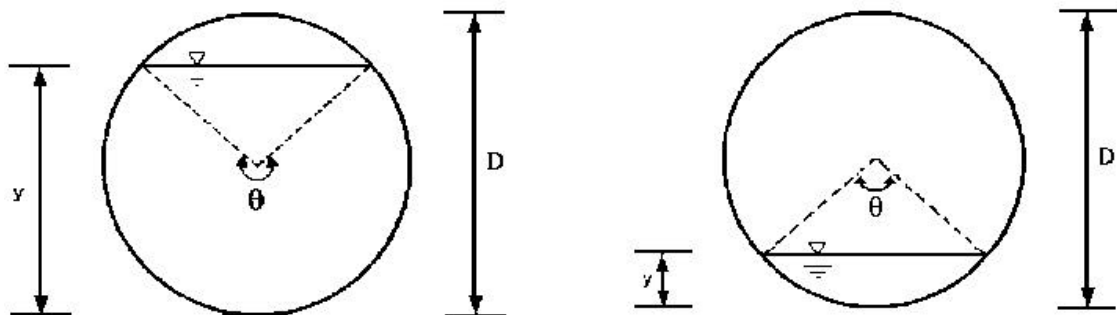


Figura 1- Elementos geométricos da seção do canal circular.

Mantendo-se nas duas equações anteriores  $n$ ,  $D$  e  $I$  constantes, verifica-se que a velocidade e a vazão podem aumentar com o aumento do ângulo  $\theta$ , que por sua vez aumenta a profundidade ( $y$ ), conforme a equação 9. Para se obter os ângulos correspondentes à velocidade máxima ( $V_{m\acute{a}x}$ ) e à vazão máxima ( $Q_{m\acute{a}x}$ ), derivam-se as equações 11 e 12 em relação à  $\theta$  e iguala-se a zero, ou seja:

$$\frac{dV}{d\theta} = \theta - \operatorname{tg}\theta = 0 \quad (13)$$

$$\frac{dQ}{d\theta} = 2\theta - 3\theta \cos\theta + \operatorname{sen}\theta = 0 \quad (14)$$

A solução das equações 13 e 14 levam aos seguintes valores máximos de  $\theta$ , o que pode ser comprovado igualando-se a zero as derivadas segundas das equações 11 e 12:

- para a equação 13,  $\theta = 257,45^\circ = 4,49$  rad; e
- para a equação 14,  $\theta = 308^\circ = 5,38$  rad

Os dois valores de  $\theta$  substituídos na equação 9 permitem calcular as relações entre a profundidade e o diâmetro ( $y/D$ ) que levam às velocidades máximas e vazões máximas teóricas, ou seja:

- para a velocidade máxima,  $y/D = 0,81$ ; e
- para a vazão máxima,  $y/D = 0,95$ .

WONG & ZHOU (2003) utilizaram os parâmetros de ondas cinemáticas para determinar a máxima vazão em canais circulares revestidos de concreto, onde a máxima vazão ocorreu em  $y/D = 0,968$ , considerando que o coeficiente de rugosidade de Manning variou com a lâmina de água no canal. Utilizando-se um coeficiente de Manning constante, o resultado encontrado foi  $y/D = 0,938$ , sendo os mesmos valores apresentados por CHOW (1994).

Segundo BERNARDO (1995), Num projeto de irrigação, a condução da água da captação à parcela irrigada, é de extrema importância, sendo que muitos projetos não atingem seu objetivo devido a problemas na condução da água. Dentre estes problemas destacam-se as falhas estruturais dos condutos, a infiltração excessiva e o erro de dimensionamento. Os canais constituem-se num dos principais tipos de condutos de água sendo, portanto, muito importantes para a agricultura irrigada, principalmente dentro dos grandes perímetros irrigados por conduzirem grandes volumes de água a longas distâncias, a fim de atender a todas as propriedades agrícolas.

O dimensionamento de canais é um processo complexo que de acordo com Azevedo Netto & Alvarez (1988), citados por SILVA (2002) exige sensibilidade do projetista e apoio em dados experimentais. O dimensionamento pode ser um processo que exige um grande número de iterações entre resultados parciais a fim de se chegar a um resultado final e definitivo, o que demanda um tempo grande, além de ser uma fonte causadora de erros no projeto.

A comprovação experimental das relações para  $V_{máx}$  e  $Q_{máx}$ , obtidas teoricamente, é de grande importância para o caso de projetos de rede de água pluvial, redes de esgotos, redes de drenagem subterrânea, bueiros, galerias e outras aplicações da engenharia civil, visto ser muito instável o escoamento próximo a esses valores e, com o aumento da vazão, o canal pode passar a funcionar como conduto forçado, podendo ocasionar problemas sérios com o extravasamento do material transportado.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho foi conduzido no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG.

#### **3.1. Descrição do experimento**

O Laboratório de Hidráulica da UFV possui um sistema de condução de água em circuito fechado, alimentado por dois conjuntos de recalque que elevam a água até um reservatório superior (Figuras 2). Um sistema de calhas extravazadoras neste reservatório garante carga constante em cada ponto do sistema de condução de água (Figuras 3).



Figura 2 - Conjunto de recalque.



Figura 3 - Reservatório superior com calhas extravazadoras.

Uma caixa estabilizadora, construída com chapas de ferro, teve a função de uniformizar o escoamento de tal maneira que este ocorresse livre de perturbações ao longo do canal. Uma caixa receptora que acompanhava as declividades estudadas teve a função de reconduzir a água para o circuito fechado, em que a mesma retornava para o reservatório superior, além de auxiliar no controle do nível da água à saída do canal, (Figura 4).

Para atingir os objetivos propostos neste trabalho foram instalados quatro canais circulares em PVC (cloreto de poli-vinil), nos diâmetros comerciais de 100, 150, 200 e 250 mm, cada um com 18 metros de comprimento nas declividades de 0,05 %; 0,10 %; 0,15 % e 0,20 %, que foram estabelecidas através de cavaletes, tendo-se o cuidado de garantir o regime de escoamento permanente, uniforme e subcrítico (Figura 5).

Para análise do tipo de escoamento ocorrido na entrada do canal foram calculados o número de Reynolds e o número de Froude para cada altura de lâmina. O regime de escoamento subcrítico foi garantido quando  $Fr < 1$ , calculado pela equação 10.



Figura 4 - Caixas estabilizadora (esquerda) e receptora (direita).

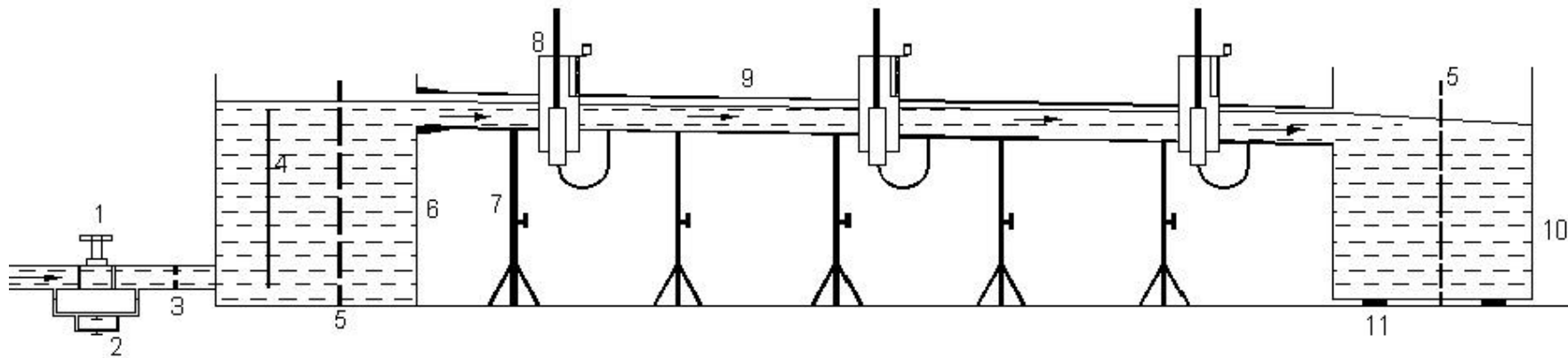


Figura 5 - Bancada experimental para ensaio em canais.

- |                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| 1- Válvula reguladora de vazão        | 7- Cavaletes   |
| 2- By Pass                            | 8- Linímetros  |
| 3- Diafragma medidor de vazão         | 9- Canal a ser ensaiado                                  |
| 4- Parede não vazada                  | 10- Caixa receptora                                      |
| 5- Parede vazada                      | 11- Cunhas reguladoras da declividade da caixa receptora |
| 6- Caixa estabilizadora de escoamento |  |

### 3.2. Determinação do diâmetro interno das tubulações

Para determinar o diâmetro interno das tubulações adotou-se o seguinte procedimento:

- a) cortou-se os tubos, nos diâmetros avaliados com comprimento aproximado de 1 m;
- b) fechou-se uma das extremidades dos tubos;
- c) pesou-se os tubos separadamente;
- d) encheu-se os tubos com água destilada até a altura de 1 metro, pesando-os em seguida;
- e) o peso da água (P) foi obtido pela diferença entre (d) e (c).

Com os valores dos pesos da água determinou-se os diâmetros internos dos tubos através da equação:

$$D = \sqrt{\frac{4 P}{\pi \gamma h}} \quad (15)$$

em que,

P = peso da água,  $MLT^{-2}$ ;

$\gamma$  = peso específico da água,  $ML^{-2}T^{-2}$ ;

h = altura do tubo, L;

D = diâmetro interno do tubo, L.

O Quadro 4 apresenta os valores obtidos para os diâmetros internos das tubulações:

Quadro 4 - Diâmetros internos das tubulações avaliadas

Diâmetro nominal (mm)	Diâmetro interno (mm)
100	98
150	146
200	195
250	244

### 3.3. Determinação da altura de lâmina de água dos canais

Para medir o nível da água ao longo dos canais, foram instalados três linímetros, com sensor elétrico e poço tranqüilizador, como mostrado na Figura 6. Os linímetros foram instalados nas paredes laterais do canal nos seguintes espaçamentos a partir da entrada do canal: 9, 12 e 15 metros, de tal modo a garantir escoamento uniforme, nesses pontos de tomada. Uma tomada de pressão comunicava o nível da água no canal com o poço tranqüilizador.

Primeiramente, fez-se a calibração de uma escala para cada linímetro, passando uma pequena lâmina de água dentro do canal. A altura de água que ficou dentro do poço tranqüilizador, depois de fechada as válvulas, foi considerada o nível zero, em seguida abriu-se a válvulas novamente, e pela diferença dos valores obtidos com o valor considerado para o nível zero, determinaram-se as alturas de lâmina de água no canal.

As leituras de altura de lâmina foram feitas, nos linímetros, após a estabilização do escoamento.



Figura 6 – Vista dos três linímetros instalados ao longo do canal.

### 3.4. Determinação da vazão

A vazão de alimentação dos canais era derivada do reservatório de nível constante, sendo controlada por meio de uma válvula gaveta (150 mm de diâmetro) e por dois by-pass (25,4 e 19,1 mm), obtendo um melhor ajuste de lâmina, e medida por um diafragma (Figura 7), calibrado e instalado, de acordo com as normas DIN (VIEIRA,1965).

Nas tomadas de pressões do diafragma foram conectados dois tipos de manômetros diferenciais, um para pequenas pressões utilizando como fluido manométrico o tetra cloreto de carbono, e o outro para altas pressões, utilizando o mercúrio como fluido manométrico. A precisão de leitura nos manômetros foi de 1mm.

A calibração do diafragma foi feita através do método direto, utilizando-se de uma caixa de aferição do laboratório de hidráulica da UFV. As equações encontradas foram as seguintes:

- Para o manômetro com tetracloreto de carbono:

$$Q = 0,0116\sqrt{\Delta h} \quad (16)$$

- Para o manômetro com mercúrio:

$$Q = 0,0533\sqrt{\Delta h} \quad (17)$$

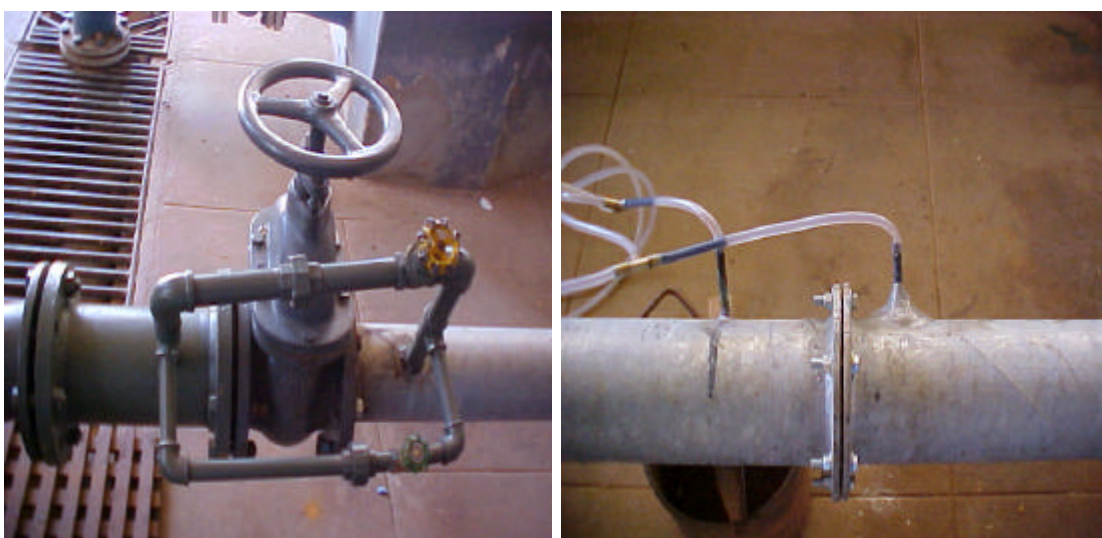


Figura 7 - Detalhe do sistema de controle de vazão, (esquerda), e das tomadas de pressão do diafragma (direita).

em que,

- Q = vazão do canal, m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>;  
h = deflexão manométrica, m.

### 3.5. Determinação dos coeficientes de rugosidade de Manning e Bazin

As determinações dos coeficientes de rugosidades de Manning e Bazin foram feitas com o auxílio das equações (4) e (6)

Foi utilizado o Teste “t” (Student) para comparações entre os valores estimados pela equação de Manning e os dados observados no experimento.

A aproximação dos dados estimados aos observados pode ser avaliada graficamente pelo afastamento dos pontos plotados no gráfico de dispersão em relação à reta de valores 1:1. Para quantificar matematicamente essa aproximação, foi desenvolvido por WILLMONTT (1981) um coeficiente designado concordância, representado pela letra d, que expressa a exatidão das estimativas em relação aos observados, variando de zero, que indica nulidade, a 1 que indica perfeita exatidão. O índice d é determinado da seguinte forma:

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N \left[ |P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}| \right]^2} \quad (18)$$

em que,

- P<sub>i</sub> = valor estimado;  
O<sub>i</sub> = valor observado;  
 $\bar{O}$  = média dos valores observados; e  
N = número de eventos.

Através da teoria de WILLMONTT (1981) pode-se determinar o quadrado médio do erro (MSE) que é a soma do erro sistemático (MSEs) e do erro não sistemático (MSEu):

$$\text{MSE} = \text{MSEs} + \text{MSEu} \quad (19)$$

O erro sistemático foi calculado pela seguinte expressão:

$$\text{MSEs} = \text{MSEa} + \text{MSEp} + \text{MSEI} \quad (20)$$

em que;

MSEa = erro sistemático aditivo;

MSEp = erro sistemático proporcional; e

MSEI = erro sistemático devido a interdependência entre MSEa e MSEp.

O erro sistemático aditivo foi calculado por meio seguinte expressão:

$$\text{MSEa} = a^2 \quad (21)$$

em que;

a = constante da equação de regressão.

O erro sistemático proporcional foi calculado por:

$$\text{MSEp} = (b - 1)^2 \left( \frac{\sum_{i=1}^N O_i^2}{N} \right) \quad (22)$$

em que b é o coeficiente angular da regressão linear entre valores medidos e estimados.

O erro sistemático da interdependência entre MSEa E MSEp foi obtido por:

$$MSEI = 2a(b-1) \bar{O} \quad (23)$$

O erro não sistemático (MSEu) foi calculado aplicando-se a seguinte equação:

$$MSEu = \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})^2}{N} \quad (24)$$

em que  $\bar{P}$  é a média dos valores estimados.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 8 a 11 apresentam a variação de  $y/D$  em função de  $Q/Q_0$  (relação entre a vazão correspondente a uma determinada altura de lâmina e a vazão a seção plena) e  $V/V_0$  (relação entre a velocidade correspondente a uma determinada altura de lâmina e a velocidade a seção plena), obtida experimentalmente e estimada pela equação de Manning para as tubulações de PVC com diâmetros comerciais de 100, 150, 200 e 250 mm e declividades de 0,05; 0,10; 0,15; e 0,20 %, respectivamente. As demais figuras encontram-se no Apêndice A.

A máxima velocidade foi observada para valores de  $y/D$  variando entre 0,78 e 0,82, para os diâmetros de 100 e 250 mm e declividade de 0,10 e 0,20 %, respectivamente. A máxima vazão ocorreu para  $y/D$  na faixa de 0,93 ( $D = 250$  mm e  $I = 0,15$  %) a 0,95 ( $D = 100, 150$  e  $250$  mm e  $I = 0,05; 0,10$  e  $0,20$  %). Os pontos mencionados podem ser observados no Quadro 5. Esses valores são próximos dos valores teóricos de  $y/D$  de 0,81 e 0,95 para máxima velocidade e máxima vazão, respectivamente.

A vazão a seção plena representou 94 % daquela escoada para  $y/D = 0,95$  e a velocidade a seção plena representou 90 % daquela da velocidade para  $y/D = 0,81$ , sendo estes valores próximos do teórico (SILVESTRE, 1972), o valor de  $y/D$  variou de 0,50 ( $D = 200$  mm e  $I = 0,15$  %) a 0,63 ( $D = 150$  mm e  $I = 0,20$  %) para a velocidade a seção plena e

entre 0,82 ( $D = 200$  mm e  $I = 0,15$  %) e 0,85 ( $D = 100$  mm e  $I = 0,10$  %) para a vazão a seção plena (Quadro 5).

Teoricamente  $y/D$  para a máxima velocidade e máxima vazão não variam em função do diâmetro e da declividade, podendo as variações citadas anteriormente terem ocorrido devido a precisão dos equipamentos de medição, oscilações no conjunto motobomba no momento das leituras e/ou nos ajustes das declividades. Os valores de  $y/D$  para a máxima velocidade nas declividades 0,05; 0,15 e 0,20 % na tubulação de 150 mm e declividade de 0,10 % na tubulação de 200 mm foram as que se aproximaram mais do valor teórico. Para a máxima vazão as tubulações de 100 mm nas declividades de 0,10 e 0,20 %, 150 mm nas declividades de 0,05; 0,10 e 0,20 % e 250 mm na declividade de 0,20 % aproximaram-se mais do valor teórico  $y/D = 0,95$ .

As declividades não influenciaram no ponto de máxima velocidade e vazão, havendo apenas influência da altura de lâmina de água na tubulação, que ao atingir esses pontos decresceu até a seção plena, estando de acordo com a equação de Manning. SILVESTRE (1972) afirma que nestas condições, se a lâmina de água em determinada canalização for se elevando, a vazão irá aumentar até o ponto mencionado para depois sofrer uma redução decorrente do enchimento completo do conduto. Isso acontece devido ao acréscimo do perímetro molhado ser mais expressivo que o da área molhada, proporcionando uma maior resistência ao escoamento. Os demais valores de vazão e velocidade, obtidos experimentalmente, são apresentados nos Quadros de 1B a 16B do Apêndice B.

Para condições de cálculo hidráulico o valor adotado é de  $y/D = 0,75$ , oferecendo uma boa segurança para dimensionamento de projeto, uma vez que os valores experimentais de máxima vazão e máxima velocidade aproximaram dos teóricos, tendo-se em vista que nesta situação o escoamento é muito instável, o que deve ser evitado com a adoção de relações inferiores em casos de projetos.

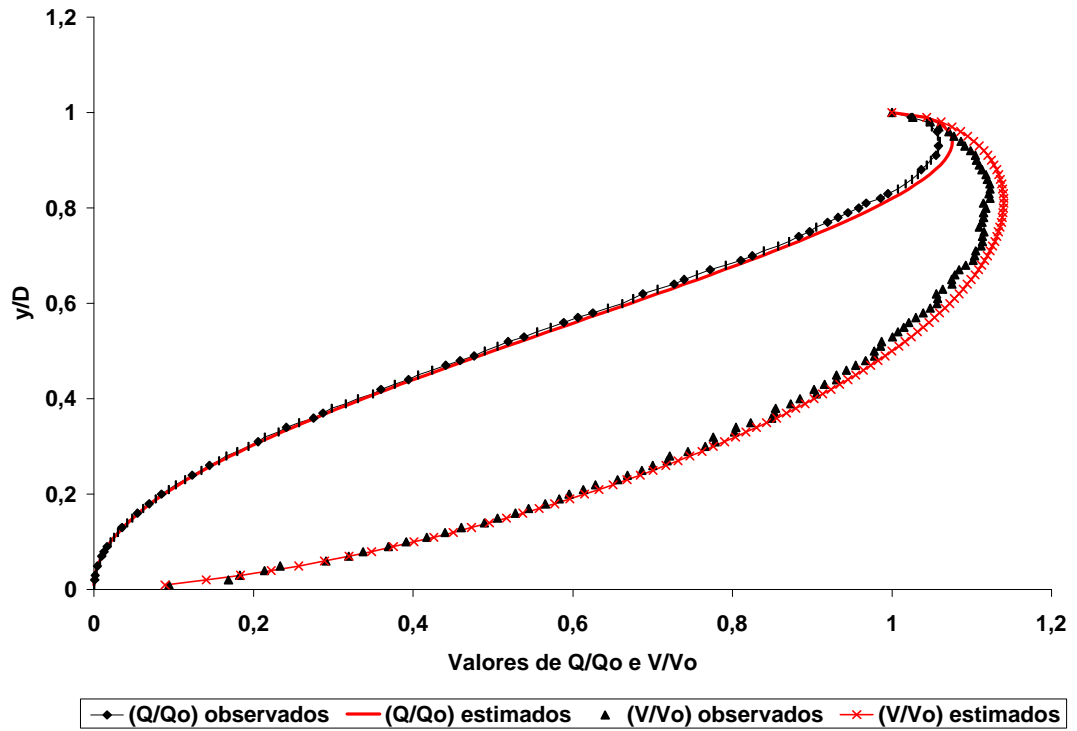


Figura 8 - Avaliação da ocorrência da máxima vazão e máxima velocidade em conduto circular de PVC com 100 milímetros de diâmetro, na declividade de 0,05%.

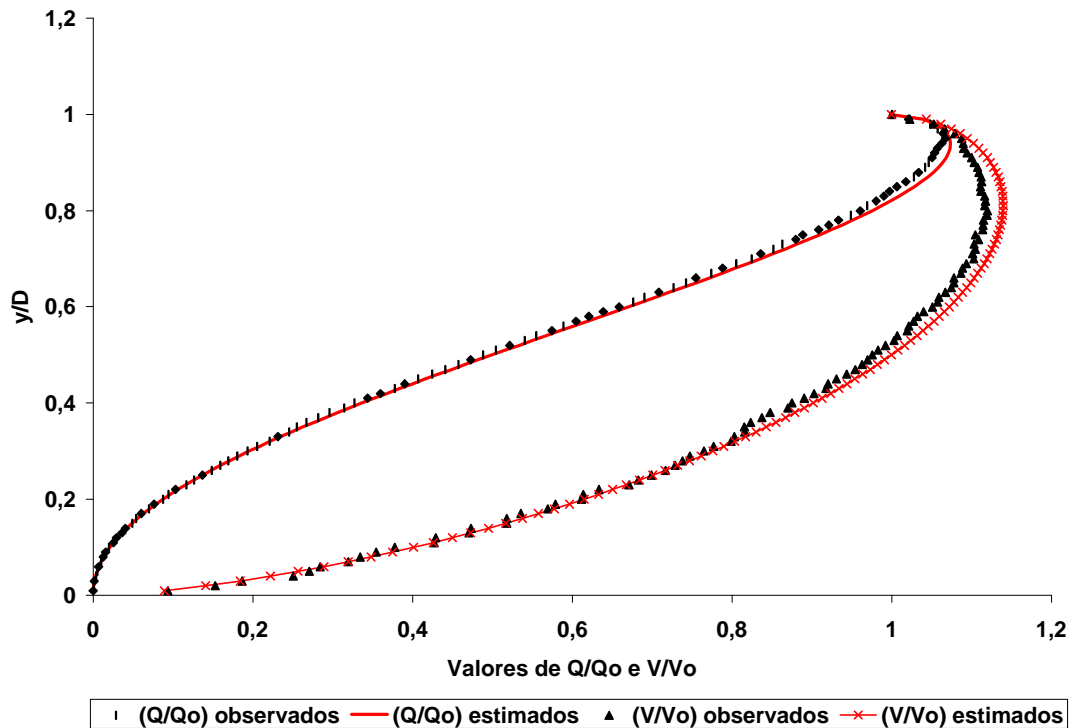


Figura 9 - Avaliação da ocorrência da máxima vazão e máxima velocidade em conduto circular de PVC com 150 milímetros de diâmetro, na declividade de 0,10%.

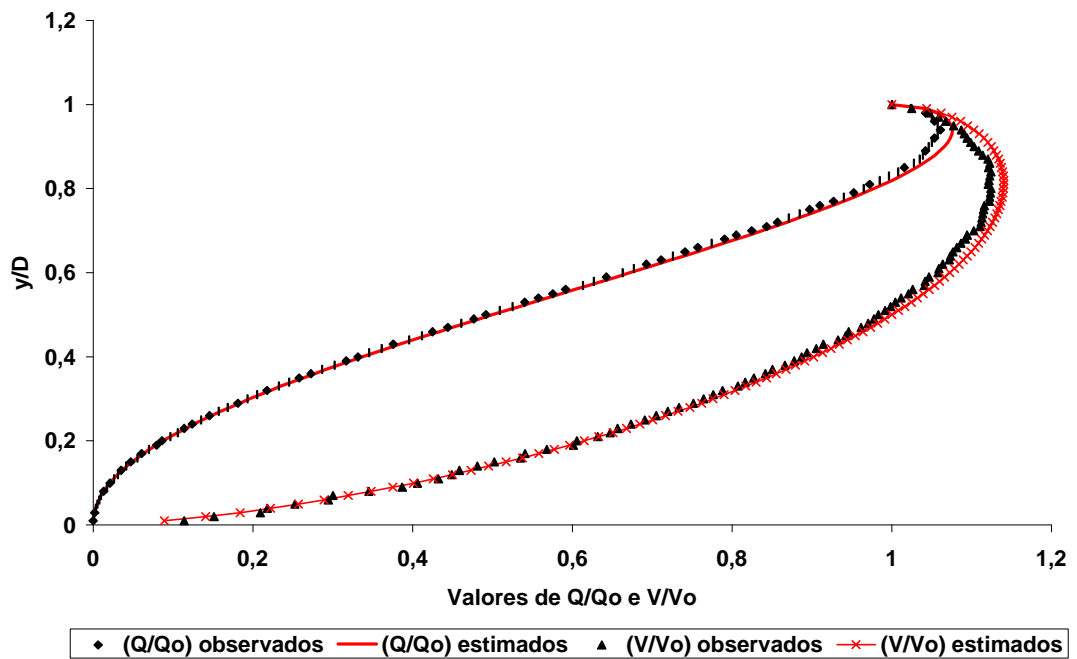


Figura 10 - Avaliação da ocorrência da máxima vazão e máxima velocidade em conduto circular de PVC com 200 milímetros de diâmetro, na declividade de 0,20%.

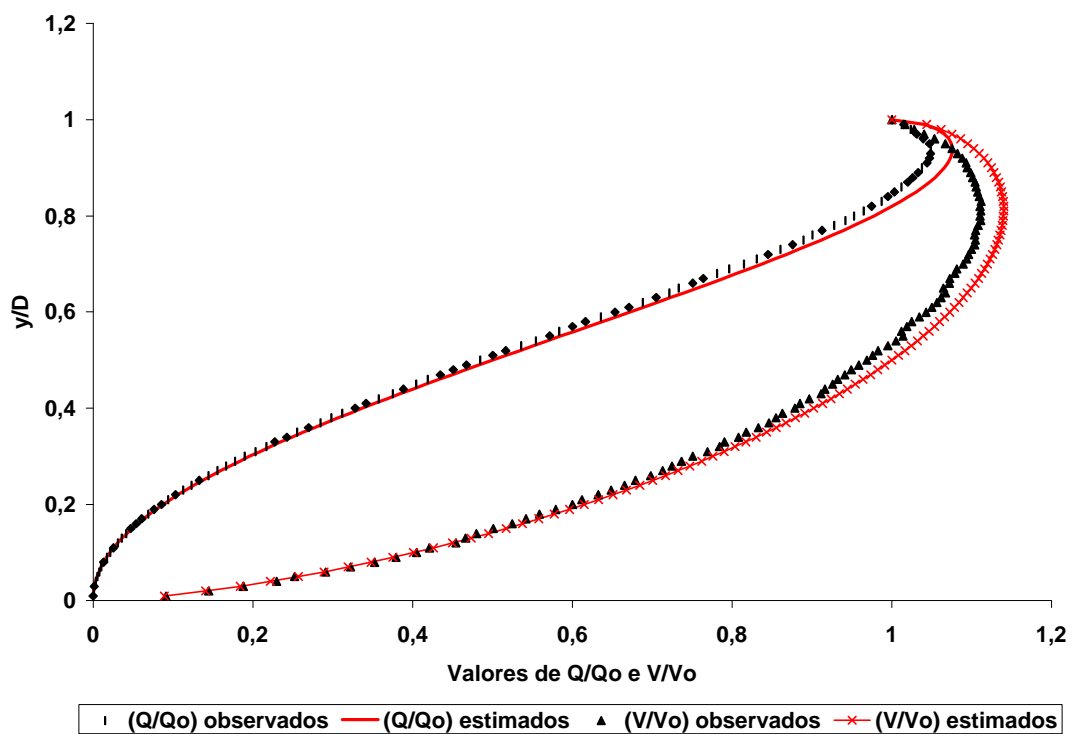


Figura 11 - Avaliação da ocorrência da máxima vazão e máxima velocidade em conduto circular de PVC com 250 milímetros de diâmetro, na declividade de 0,15%.

Quadro 5 - Relações  $y/D$  obtidas experimentalmente correspondentes à ocorrência de máxima velocidade e máxima vazão e velocidade e vazão iguais à seção plena

D (mm)	100				150			
I (%)	0,05	0,10	0,15	0,20	0,05	0,10	0,15	0,20
$y/D$								
$Q_{m\acute{a}x}$	0,94	0,95	0,94	0,95	0,95	0,95	0,93	0,95
$V_{m\acute{a}x}$	0,82	0,78	0,80	0,84	0,81	0,80	0,81	0,81
$Q_o = Q$	0,84	0,85	0,84	0,84	0,52	0,53	0,55	0,63
$V_o = V$	0,53	0,55	0,55	0,57	0,83	0,84	0,85	0,84
D (mm)	200				250			
I (%)	0,05	0,10	0,15	0,20	0,05	0,10	0,15	0,20
$y/D$								
$Q_{m\acute{a}x}$	0,94	0,94	0,93	0,94	0,94	0,94	0,93	0,95
$V_{m\acute{a}x}$	0,82	0,81	0,82	0,80	0,82	0,79	0,83	0,83
$Q_o = Q$	0,85	0,84	0,82	0,83	0,84	0,84	0,84	0,84
$V_o = V$	0,53	0,52	0,50	0,52	0,53	0,52	0,54	0,52

As Figuras de 12 a 27 apresentam as relações entre os valores medidos e estimados de vazão e velocidade para as tubulações com diâmetros comerciais de 100, 150, 200 e 250 mm e declividades de 0,05; 0,10; 0,15 e 0,20 %. Os valores do coeficiente de determinação ( $r^2$ ), da análise de regressão linear, tanto para as vazões como para as velocidades medida e estimada, foram elevados mostrando um bom nível de precisão dos dados. No caso da vazão, o valor de  $r^2$  variou de 0,9993, para a tubulação com diâmetro de 150 mm e declividade de 0,20 % (Figura 19) a 0,9999 (Figuras 16 e 17 e de 20 a 27) para  $D = 150$  mm ( $I = 0,05$  e  $0,10$  %), 200 mm (todas as declividades avaliadas) e  $D = 250$  mm (em todas as declividades avaliadas). A variação de  $r^2$  para a velocidade foi entre 0,9933 (Figura 19) com  $D = 150$  mm e  $I = 0,20$  % e 0,9996 (Figuras 14, 20, 21, 24, 25 e 26), para as tubulações respectivamente de 100 mm com declividade

de 0,15 %, D = 200 mm (I = 0,05 e 0,10 %) e D = 250 mm (I = 0,05; 0,10 e 0,15 %).

Através do teste t verificou-se que os dados obtidos pelo experimento diferem ao nível de 1 % de probabilidade dos obtidos pela equação de Manning. As hipóteses testadas foram  $H_0: \beta_1 = 1$  e  $H_a: \beta_1 \neq 1$ , para  $Y = X$ . Os respectivos desempenhos estatísticos desse experimento são apresentados nas Figuras 12 a 27. Pela plotagem no plano bidimensional dos valores relativos (vazões e velocidades observadas e estimadas) e pela análise de regressão linear simples com reta de regressão passando pela origem, verifica-se que os desempenhos dos valores experimentais e estimados são similares. Isso indica que, tanto pela análise dos coeficientes de determinação como pela dispersão das estimativas em torno da reta 1:1, expressa pelo coeficiente de concordância "d" de WILLMONTT (1981) existe concordância entre as vazões e velocidades observadas com as estimadas.

O valor do coeficiente angular (b) das regressões para a velocidade, independente do diâmetro ou da inclinação da tubulação, foi sempre maior que 1 ( $1,0085 \leq b \leq 1,1152$ ), mostrando que de forma geral as equações sempre superestimaram os valores medidos na faixa de 0,85 a 11,52 %. Para a vazão, com exceção do diâmetro de 200 mm e declividade de 0,05 % (Figura 20), que subestimou os valores medidos em 3,53 % ( $b = 0,9647$ ), todas as outras regressões tenderam a superestimar os valores medidos entre 0,12 e 4,74 % ( $1,0012 \leq b \leq 1,0474$ ). A faixa de valores de d (coeficiente de concordância de WILLMONTT, 1981), no caso da vazão, foi de 0,9995 a 0,9999, e entre 0,9974 e 0,9999 para a velocidade, mostrando dessa forma uma boa concordância entre os valores estimados e observados, ou seja, uma exatidão expressiva.

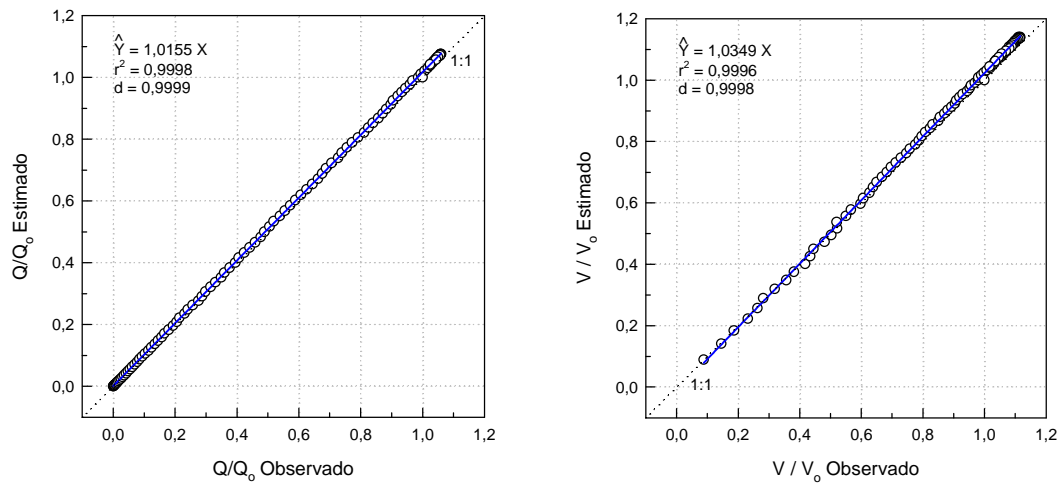


Figura 12 - Vazões e velocidades estimadas e observadas, para a declividade de 0,05% e diâmetro de 100mm.

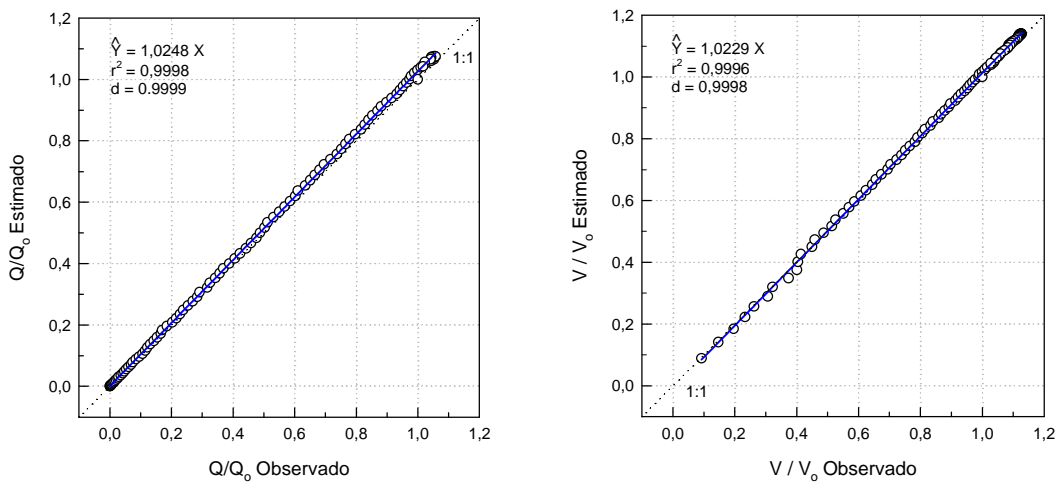


Figura 13 - Vazões e velocidades estimadas e observadas, para a declividade de 0,10% e diâmetro de 100mm.

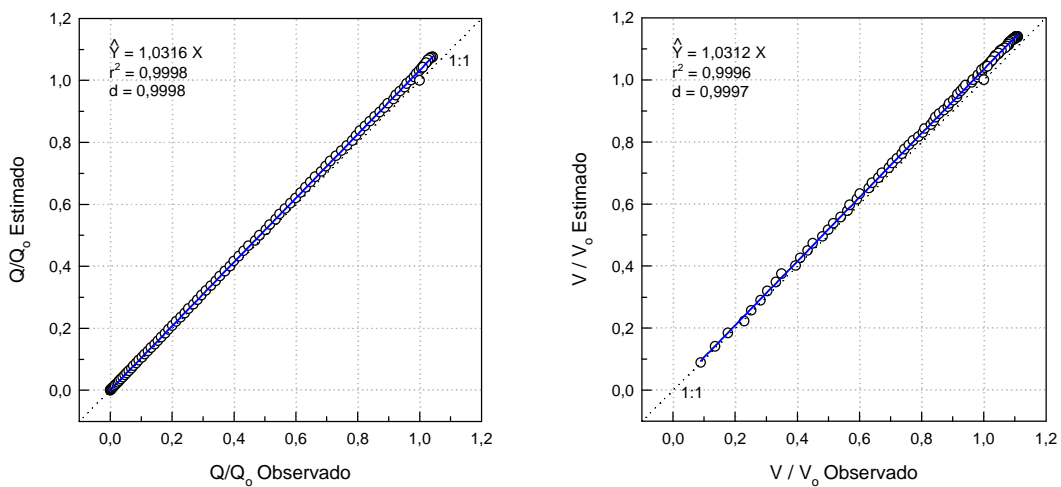


Figura 14 - Vazões e velocidades estimadas e observadas, para a declividade 0,15% e diâmetro 100mm.

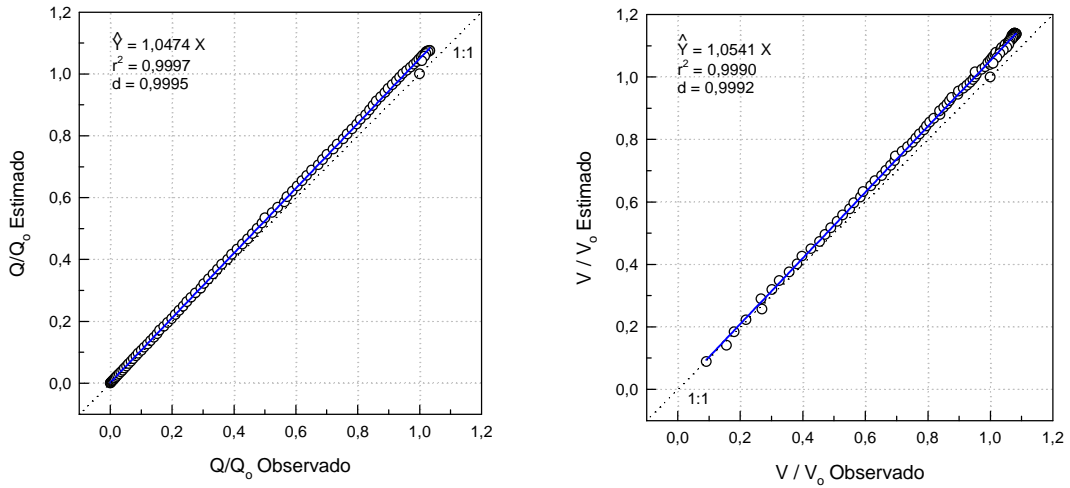


Figura 15 - Vazões e velocidades estimadas e observadas, para a declividade 0,20% e diâmetro 100mm.

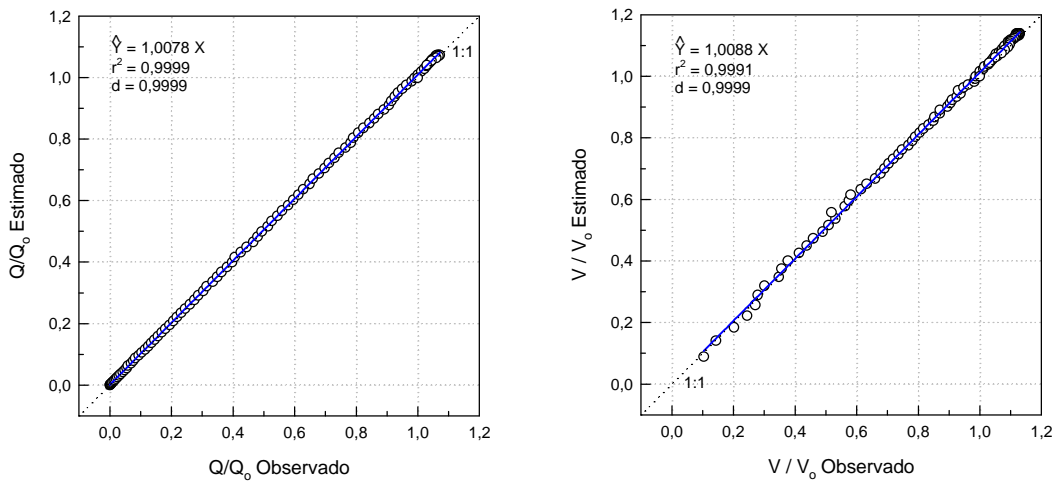


Figura 16 - Vazões e velocidades estimadas e observadas, para a declividade de 0,05% e diâmetro de 150mm.

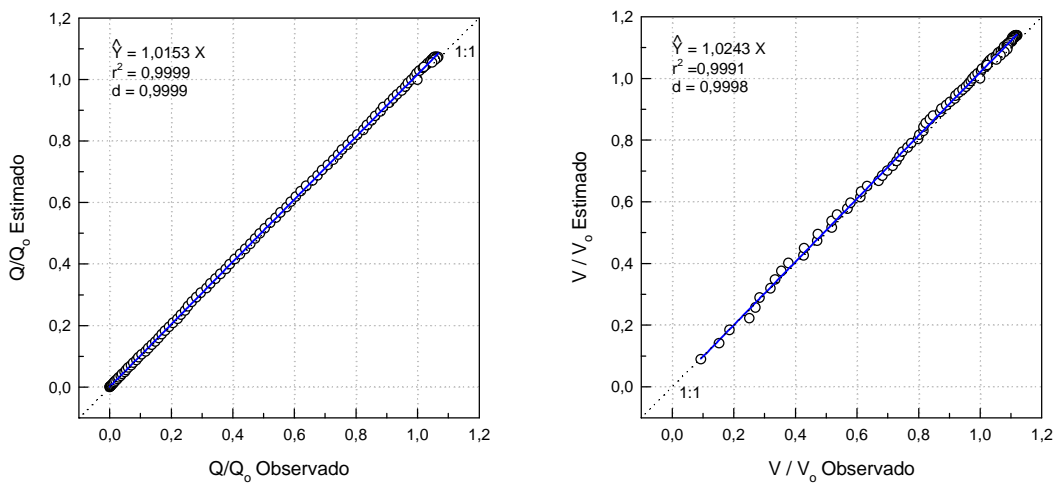


Figura 17 - Vazões e velocidades estimadas e observadas, para a declividade de 0,10% e diâmetro de 150mm.

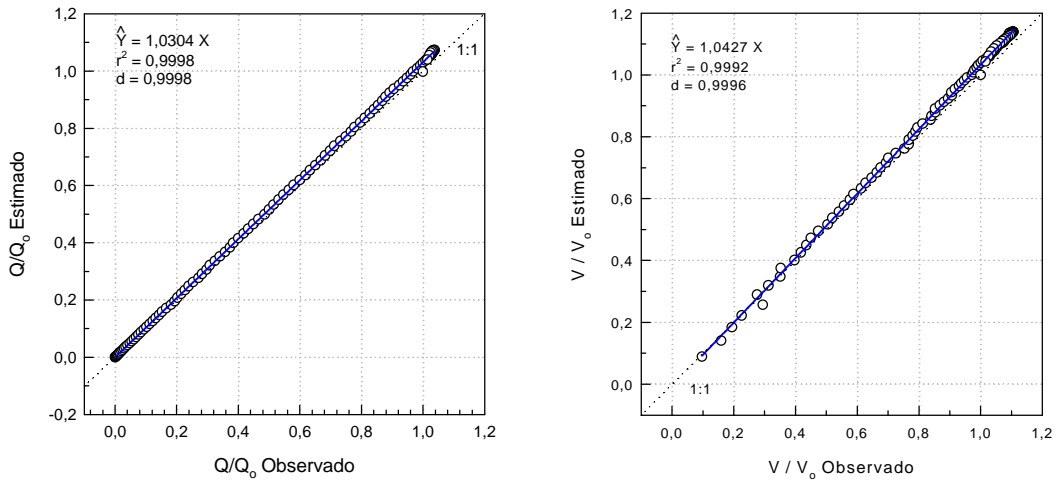


Figura 18 - Vazões e velocidades estimadas e observadas, para a declividade 0,15% e diâmetro 150mm.

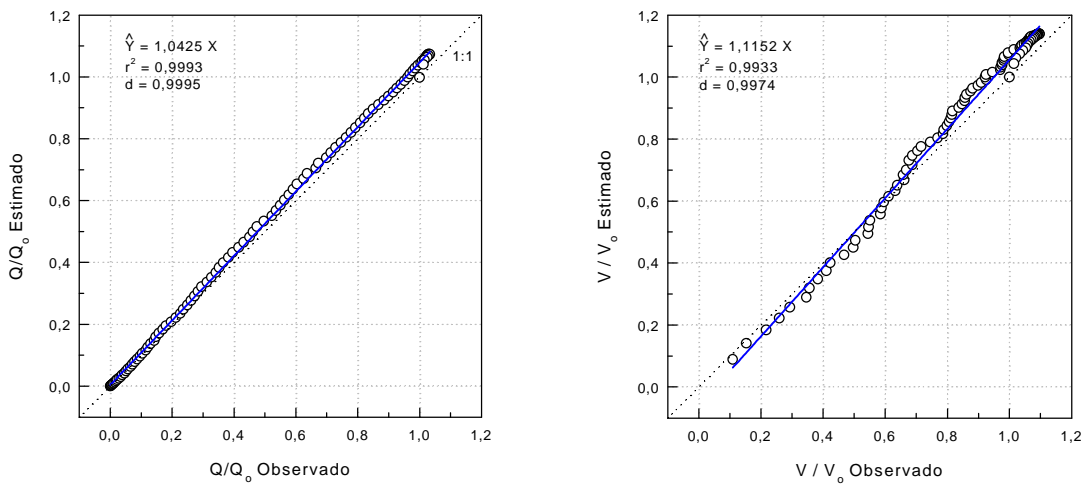


Figura 19 - Vazões e velocidades estimadas e observadas, para a declividade 0,20% e diâmetro 150mm.

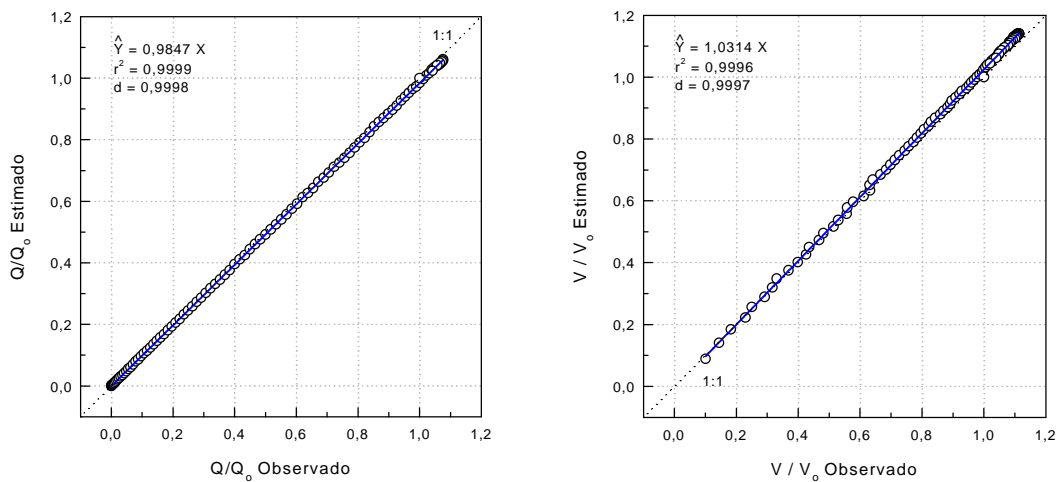


Figura 20 - Vazões e velocidades estimadas e observadas, para a declividade de 0,05% e diâmetro de 200mm.

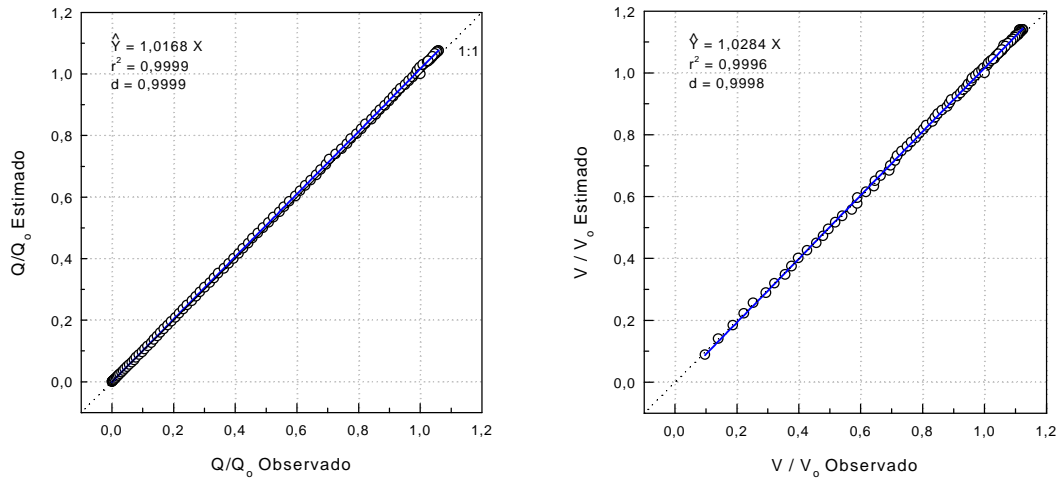


Figura 21 - Vazões e velocidades estimadas e observadas, para a declividade de 0,10% e diâmetro de 200mm.

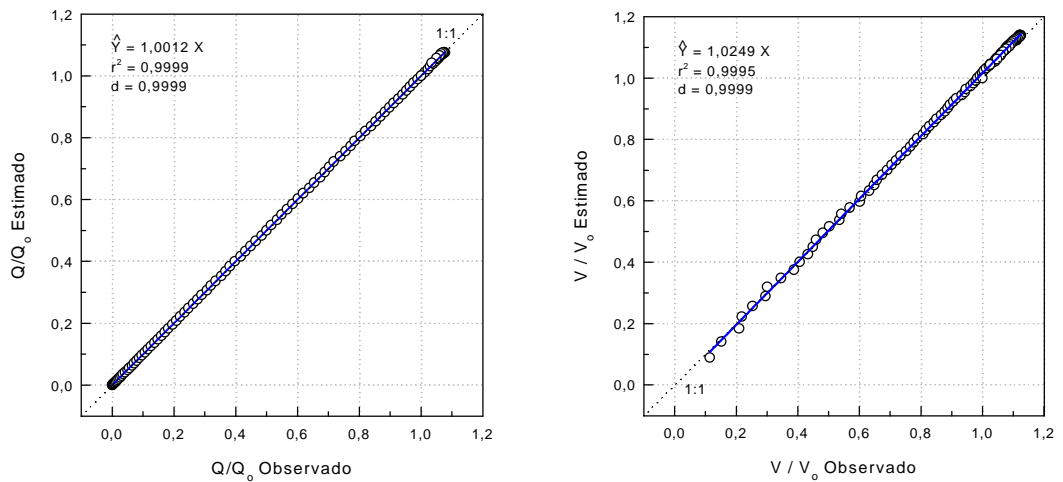


Figura 22 - Vazões e velocidades estimadas e observadas, para a declividade 0,15% e diâmetro 200mm.

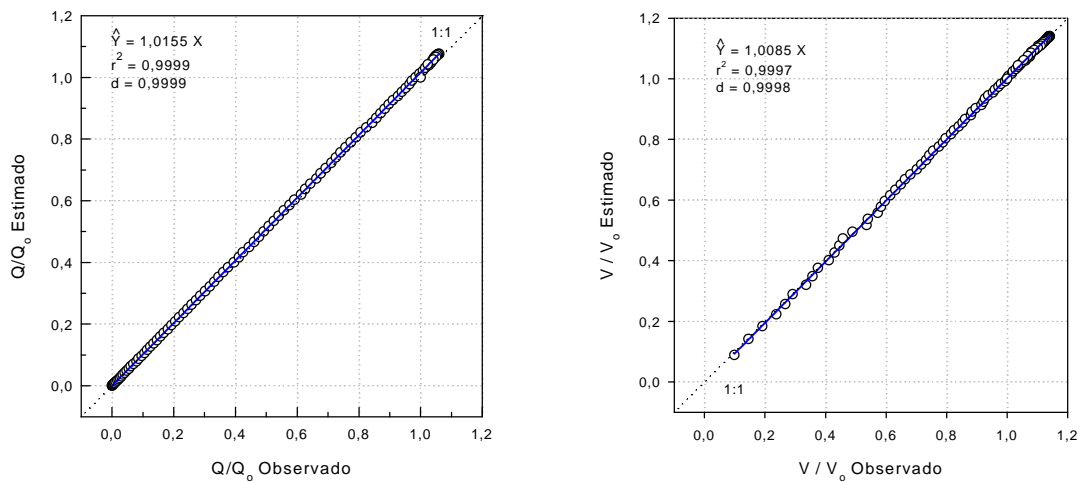


Figura 23 - Vazões e velocidades estimadas e observadas, para a declividade 0,20% diâmetro 200mm.

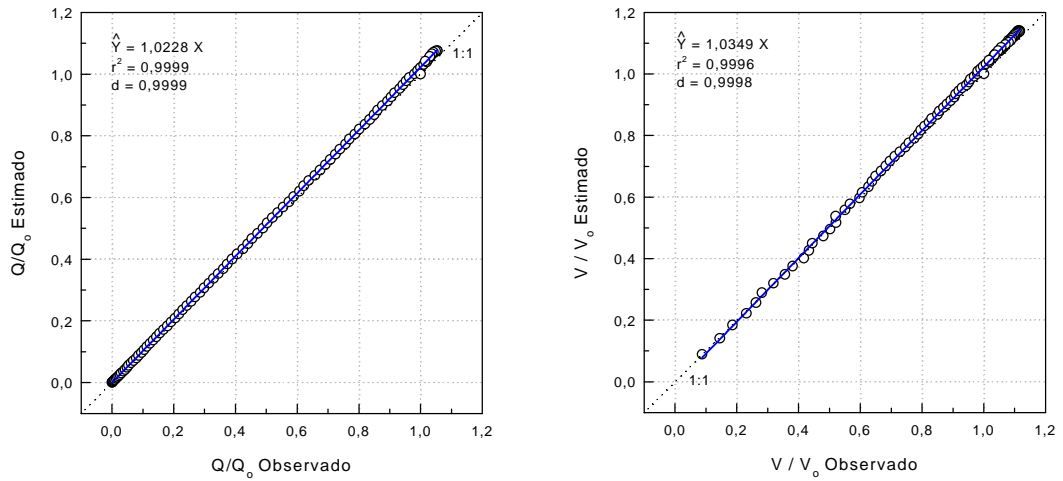


Figura 24 - Vazões e velocidades estimadas e observadas, para a declividade de 0,05% e diâmetro de 250mm.

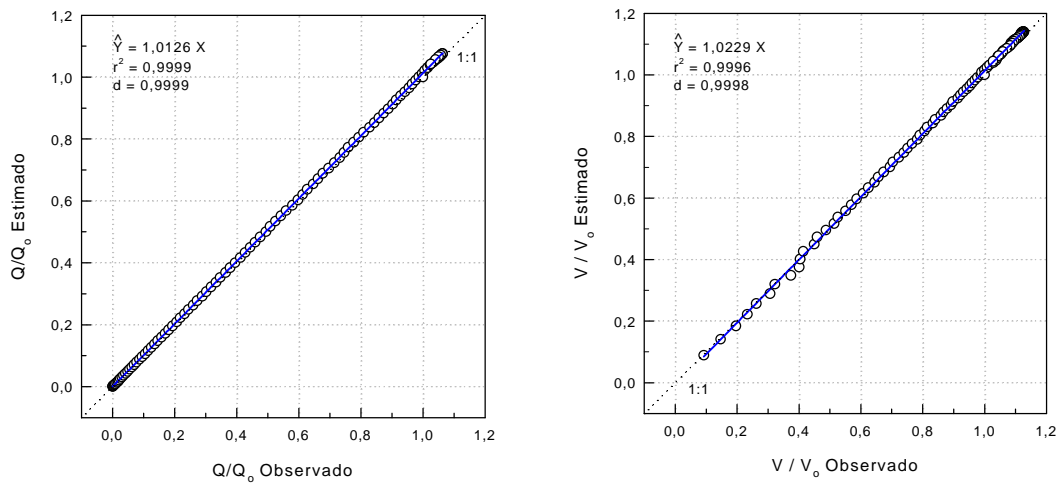


Figura 25 - Vazões e velocidades estimadas e observadas, para a declividade de 0,10% e diâmetro de 250mm.

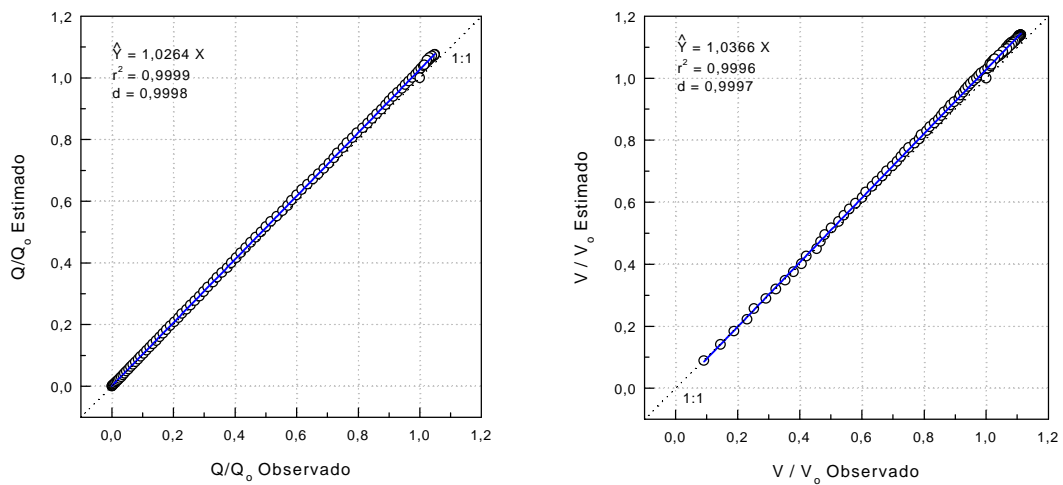


Figura 26 - Vazões e velocidades estimadas e observadas, para a declividade 0,15% e diâmetro 250mm.

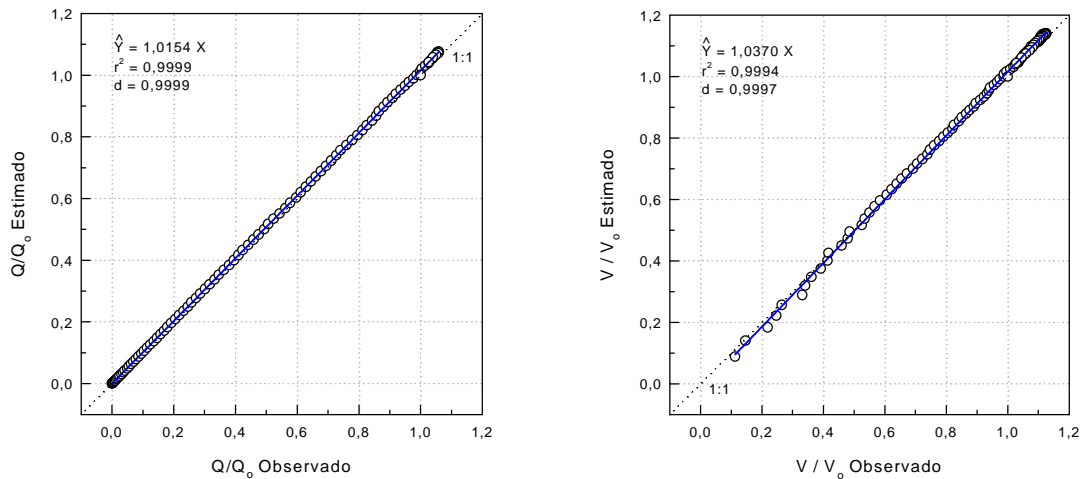


Figura 27 - Vazões e velocidades estimadas e observadas, para a declividade 0,20% e diâmetro 250mm.

Os Quadros 6 a 16 apresentam os erros sistemáticos, não sistemáticos, aditivos, proporcionais e da interação entre o proporcional e o aditivo. O erro sistemático (MSEs) foi responsável pela maior parte do erro total obtido para a vazão, representando de 82 a 97 % do quadrado do erro médio total (MSE). Dentro do erro sistemático, o erro proporcional foi o que apresentou maior. Enquanto que o erro não-sistemático (MSEu) foi baixo, entre 3 e 18 % de MSE (Quadros 9 a 16). Os valores encontrados de MSEs para velocidades variaram entre 62 e 97 % de MSE, e de 3 a 38 % para MSEu. Esses valores de MSEu podem estar associados à precisão do equipamento ou devido a possíveis erros cometidos no momento das leituras, tanto nos manômetros diferenciais quanto nos linímetros.

Quadro 6 - Valores do quadrado médio do erro (MSE), erro sistemático (MSEs), erro não sistemático (MSEu), erro sistemático aditivo (MSEa), erro sistemático proporcional (MSEp) e erro sistemático devido a interdependência entre MSEa e MSEp (MSEI), na vazão, para o diâmetro de 100 mm

Vazão						
Diâmetro 100 mm						
Declividade (%)	MSE	MSEu	MSEs	MSEp	MSEa	MSEI
0,20	0,0010039	0,0000402	0,0009637	0,0008670	0,0000037	0,0000930
0,15	0,0004483	0,0000150	0,0004333	0,0003974	0,0000012	0,0000348
0,10	0,0003192	0,0000258	0,0002935	0,0002481	0,0000028	0,0000425
0,05	0,0001303	0,0000087	0,0001215	0,0000991	0,0000017	0,0000207
	MSEu/MSE		MSEs/MSE		MSEp/MSEs	
0,20	0,0400350		0,9599650		0,8997187	
0,15	0,0333679		0,9666321		0,9170570	
0,10	0,0807582		0,9192418		0,8455678	
0,05	0,0671232		0,9328768		0,8154613	

Quadro 7 - Valores do quadrado médio do erro (MSE), erro sistemático (MSEs), erro não sistemático (MSEu), erro sistemático aditivo (MSEa), erro sistemático proporcional (MSEp) e erro sistemático devido a interdependência entre MSEa e MSEp (MSEI), na vazão, para o diâmetro de 150 mm

Vazão						
Diâmetro 150 mm						
Declividade (%)	MSE	MSEu	MSEs	MSEp	MSEa	MSEI
0,20	0,0009899	0,0000931	0,0008968	0,0006980	0,0000171	0,0001817
0,15	0,0003986	0,0000169	0,0003817	0,0003697	0,0000001	0,0000119
0,10	0,0001286	0,0000143	0,0001144	0,0000955	0,0000013	0,0000176
0,05	0,0000440	0,0000082	0,0000358	0,0000252	0,0000013	0,0000093
	MSEu/MSE		MSEs/MSE		MSEp/MSEs	
0,20	0,0940371		0,9059629		0,7783176	
0,15	0,0422931		0,9577069		0,9685457	
0,10	0,1108076		0,8891924		0,8348912	
0,05	0,1859014		0,8140986		0,7033601	

Quadro 8 - Valores do quadrado médio do erro (MSE), erro sistemático (MSEs), erro não sistemático (MSEu), erro sistemático aditivo (MSEa), erro sistemático proporcional (MSEp) e erro sistemático devido a interdependência entre MSEa e MSEp (MSEI), na vazão, para o diâmetro de 200 mm

Vazão						
Diâmetro 200 mm						
Declividade (%)	MSE	MSEu	MSEs	MSEp	MSEa	MSEI
0,20	0,0001055	0,0000054	0,0001001	0,0000996	0,0000000	0,0000004
0,15	0,0000040	0,0000031	0,0000010	0,0000006	0,0000001	0,0000003
0,10	0,0001169	0,0000061	0,0001108	0,0001158	0,0000001	0,0000051
0,05	0,0002559	0,0000087	0,0002472	0,0002429	0,0000000	0,0000043
	MSEu/MSE		MSEs/MSE		MSEp/MSEs	
0,20	0,0511674		0,9488326		0,9958785	
0,15	0,7619915		0,2380085		0,6386410	
0,10	0,0518829		0,9481171		1,0448160	
0,05	0,0338124		0,9661876		0,9823707	

Quadro 9 - Valores do quadrado médio do erro (MSE), erro sistemático (MSEs), erro não sistemático (MSEu), erro sistemático aditivo (MSEa), erro sistemático proporcional (MSEp) e erro sistemático devido a interdependência entre MSEa e MSEp (MSEI), na vazão, para o diâmetro de 250 mm

Vazão						
Diâmetro 250 mm						
Declividade (%)	MSE	MSEu	MSEs	MSEp	MSEa	MSEI
0,20	0,0001034	0,0000053	0,0000981	0,0000986	0,0000000	0,0000005
0,15	0,0003114	0,0000108	0,0003007	0,0002808	0,0000005	0,0000193
0,10	0,0000725	0,0000035	0,0000690	0,0000661	0,0000000	0,0000029
0,05	0,0002210	0,0000080	0,0002130	0,0002124	0,0000000	0,0000006
	MSEu/MSE		MSEs/MSE		MSEp/MSEs	
0,20	0,0512506		0,9487494		1,0048595	
0,15	0,0346260		0,9653740		0,9340243	
0,10	0,0480945		0,9519055		0,9576497	
0,05	0,0363445		0,9636555		0,9970813	

Quadro 10 - Valores do quadrado médio do erro (MSE), erro sistemático (MSEs), erro não sistemático (MSEu), erro sistemático aditivo (MSEa), erro sistemático proporcional (MSEp) e erro sistemático devido a interdependência entre MSEa e MSEp (MSEI), na velocidade, para o diâmetro de 100 mm

Velocidade						
Diâmetro 100 mm						
Declividade (%)	MSE	MSEu	MSEs	MSEp	MSEa	MSEI
0,20	0,0022456	0,0000743	0,0021713	0,0022551	0,0000024	0,0000863
0,15	0,0009151	0,0000306	0,0008845	0,0007797	0,0000090	0,0000959
0,10	0,0009122	0,0001096	0,0008026	0,0009669	0,0000300	0,0001944
0,05	0,0003181	0,0000406	0,0002775	0,0002528	0,0000016	0,0000230
	MSEu/MSE		MSEs/MSE		MSEp/MSEs	
0,20	0,0331024		0,9668976		1,0386182	
0,15	0,0334223		0,9665777		0,8814511	
0,10	0,1201608		0,8798392		1,2048392	
0,05	0,1276161		0,8723839		0,9110694	

Quadro 11 - Valores do quadrado médio do erro (MSE), erro sistemático (MSEs), erro não sistemático (MSEu), erro sistemático aditivo (MSEa), erro sistemático proporcional (MSEp) e erro sistemático devido a interdependência entre MSEa e MSEp (MSEI), na velocidade, para o diâmetro de 150 mm

Velocidade						
Diâmetro 150 mm						
Declividade (%)	MSE	MSEu	MSEs	MSEp	MSEa	MSEI
0,20	0,0072370	0,0005379	0,0066991	0,0102459	0,0035193	0,0070662
0,15	0,0011913	0,0000611	0,0011302	0,0014575	0,0000890	0,0004163
0,10	0,0004566	0,0000680	0,0003886	0,0004835	0,0000215	0,0001164
0,05	0,0001751	0,0000660	0,0001091	0,0000650	0,0000122	0,0000319
	MSEu/MSE		MSEs/MSE		MSEp/MSEs	
0,20	0,0743327		0,9256673		1,5294575	
0,15	0,0513188		0,9486812		1,2896491	
0,10	0,1489088		0,8510912		1,2440976	
0,05	0,3769229		0,6230771		0,5956425	

Quadro 12 - Valores do quadrado médio do erro (MSE), erro sistemático (MSEs), erro não sistemático (MSEu), erro sistemático aditivo (MSEa), erro sistemático proporcional (MSEp) e erro sistemático devido a interdependência entre MSEa e MSEp (MSEI), na velocidade, para o diâmetro de 200 mm

Velocidade						
Diâmetro 200 mm						
Declividade (%)	MSE	MSEu	MSEs	MSEp	MSEa	MSEI
0,20	0,0003983	0,0000339	0,0003644	0,0005137	0,0000760	-0,0002253
0,15	0,0000711	0,0000226	0,0000485	0,0000622	0,0000472	-0,0000609
0,10	0,0004820	0,0000270	0,0004550	0,0006659	0,0001533	-0,0003642
0,05	0,0006609	0,0000244	0,0006365	0,0008034	0,0000404	-0,0002073
	MSEu/MSE		MSEs/MSE		MSEp/MSEs	
0,20	0,0852183		0,9147817		1,4097937	
0,15	0,3181379		0,6818621		1,2831395	
0,10	0,0559168		0,9440832		1,4635049	
0,05	0,0369210		0,9630790		1,2621763	

Quadro 13 - Valores do quadrado médio do erro (MSE), erro sistemático (MSEs), erro não sistemático (MSEu), erro sistemático aditivo (MSEa), erro sistemático proporcional (MSEp) e erro sistemático devido a interdependência entre MSEa e MSEp (MSEI), na velocidade, para o diâmetro de 250 mm

Velocidade						
Diâmetro 250 mm						
Declividade (%)	MSE	MSEu	MSEs	MSEp	MSEa	MSEI
0,20	0,0008187	0,0000485	0,0007703	0,0011367	0,0004580	-0,0008245
0,15	0,0008609	0,0000263	0,0008346	0,0010804	0,0000681	-0,0003139
0,10	0,0003296	0,0000301	0,0002995	0,0004362	0,0000932	-0,0002300
0,05	0,0007368	0,0000304	0,0007064	0,0009986	0,0001432	-0,0004354
	MSEu/MSE		MSEs/MSE		MSEp/MSEs	
0,20	0,0591875		0,9408125		1,4756991	
0,15	0,0305379		0,9694621		1,2945291	
0,10	0,0913343		0,9086657		1,4567283	
0,05	0,0412624		0,9587376		1,4136094	

Pelos resultados apresentados nos Quadros 14 a 29, observa-se que os coeficientes de rugosidade de Manning para os diâmetros comerciais de 100, 150, 200 e 250 mm foram respectivamente 0,0080, 0,0092, 0,0095, e 0,0099 e os coeficientes de Bazin: 0,05, 0,07, 0,08 e 0,09, para as mesmas condições. Pode-se observar, também, que estes valores de coeficientes de rugosidades, tanto de Manning como de Bazin, só foram determinados quando o regime de escoamento era turbulento-subcrítico obtendo-se valores com variação acima de quatro casas decimais, o que é desprezado para utilização em projetos, trabalhando apenas com três casas decimais para o coeficiente de Manning e duas casas decimais para o coeficiente de Bazin.

Através de observações, Contessini citado por NEVES (1989), apresenta doze novas classes para o coeficiente de Bazin. Os valores encontrados neste experimento ficaram próximos da primeira classe, em que  $n' = 0,06$ . Devido à simplicidade da equação de Manning, o seu emprego vem sendo generalizado em substituição à equação de Bazin. CRUCIANI (2001) apresentou valores, para dimensionamento, do coeficiente de rugosidade de Manning para PVC variando entre 0,009 e 0,011. Estes valores são próximos dos obtidos no presente trabalho. A variação observada pelo autor pode ser devido ao acabamento e as partes e acoplamentos dos tubos (ponta e bolsa). Pelos valores obtidos no experimento, recomenda-se utilizar os  $n = 0,0099$  ou  $n' = 0,09$  no dimensionamento de projetos.

Quadro 14 - Valores dos coeficientes de rugosidade de Manning e Bazin para a tubulação de 100 mm na declividade 0,05%

Diâmetro Comercial 100 milímetros					
Declividade 0,05%					
y/D	n	n'	Re	Fr	Classificação do escoamento
0,10	-	-	573,7	0,367	Transição-subcrítico
0,20	-	-	1657,1	0,390	Transição-subcrítico
0,30	0,0080	0,05	3021,4	0,404	Turbulento-subcrítico
0,40	0,0080	0,05	4374,3	0,396	Turbulento-subcrítico
0,50	0,0080	0,05	5641,1	0,382	Turbulento-subcrítico
0,60	0,0080	0,04	6768,4	0,365	Turbulento-subcrítico
0,70	0,0080	0,04	7543,5	0,338	Turbulento-subcrítico
0,80	0,0080	0,04	7845,7	0,298	Turbulento-subcrítico
0,90	0,0080	0,04	7607,2	0,243	Turbulento-subcrítico
1,00	0,0079	0,04	5769,0	0,189	Turbulento-subcrítico

Quadro 15 - Valores dos coeficientes de rugosidade de Manning e Bazin para a tubulação de 100 mm na declividade 0,10%

Diâmetro Comercial 100 milímetros					
Declividade 0,10%					
y/D	n	n'	Re	Fr	Classificação do escoamento
0,10	-	-	800,6	0,513	Transição-subcrítico
0,20	0,0081	0,05	2359,4	0,556	Turbulento-subcrítico
0,30	0,0082	0,05	4132,7	0,552	Turbulento-subcrítico
0,40	0,0081	0,05	6151,7	0,557	Turbulento-subcrítico
0,50	0,0080	0,04	8044,8	0,545	Turbulento-subcrítico
0,60	0,0080	0,04	9514,7	0,513	Turbulento-subcrítico
0,70	0,0080	0,04	10662,9	0,477	Turbulento-subcrítico
0,80	0,0080	0,04	11147,0	0,424	Turbulento-subcrítico
0,90	0,0079	0,04	10923,5	0,349	Turbulento-subcrítico
1,00	0,0078	0,04	8248,3	0,254	Turbulento-subcrítico

Quadro 16 - Valores dos coeficientes de rugosidade de Manning e Bazin para a tubulação de 100 mm na declividade 0,15%

Diâmetro Comercial 100 milímetros					
Declividade 0,15%					
y/D	n	n'	Re	Fr	Classificação do escoamento
0,10	-	-	1017,9	0,652	Transição-subcrítico
0,20	0,0080	0,05	2899,3	0,683	Turbulento-subcrítico
0,30	0,0081	0,05	5173,2	0,691	Turbulento-subcrítico
0,40	0,0080	0,05	7584,2	0,687	Turbulento-subcrítico
0,50	0,0080	0,05	9799,1	0,664	Turbulento-subcrítico
0,60	0,0080	0,04	11653,1	0,629	Turbulento-subcrítico
0,70	0,0080	0,04	12993,2	0,582	Turbulento-subcrítico
0,80	0,0079	0,04	13702,7	0,521	Turbulento-subcrítico
0,90	0,0080	0,04	13127,3	0,420	Turbulento-subcrítico
1,00	0,0077	0,04	10155,0	0,387	Turbulento-subcrítico

Quadro 17 - Valores dos coeficientes de rugosidade de Manning e Bazin para a tubulação de 100 mm na declividade 0,20%

Diâmetro Comercial 100 milímetros					
Declividade 0,20%					
y/D	n	n'	Re	Fr	Classificação do escoamento
0,10	-	-	1158,4	0,742	Transição-subcrítico
0,20	0,0080	0,05	3367,5	0,793	Turbulento-subcrítico
0,30	0,0080	0,05	6004,2	0,802	Turbulento-subcrítico
0,40	0,0080	0,05	8706,4	0,788	Turbulento-subcrítico
0,50	0,0080	0,05	11355,4	0,769	Turbulento-subcrítico
0,60	0,0080	0,04	13455,9	0,726	Turbulento-subcrítico
0,70	0,0080	0,04	15079,6	0,675	Turbulento-subcrítico
0,80	0,0080	0,04	15676,5	0,596	Turbulento-subcrítico
0,90	0,0080	0,04	15276,0	0,488	Turbulento-subcrítico
1,00	0,0076	0,04	11945,4	0,435	Turbulento-subcrítico

Quadro 18 - Valores dos coeficientes de rugosidade de Manning e Bazin para a tubulação de 150 mm na declividade 0,05%

Diâmetro Comercial 150 milímetros					
Declividade 0,05%					
y/D	n	n'	Re	Fr	Classificação do escoamento
0,10	-	-	929,4	0,328	Transição-subcrítico
0,20	0,0096	0,08	2717,6	0,352	Turbulento-subcrítico
0,30	0,0092	0,07	5095,4	0,375	Turbulento-subcrítico
0,40	0,0091	0,07	7441,7	0,371	Turbulento-subcrítico
0,50	0,0092	0,07	9571,3	0,357	Turbulento-subcrítico
0,60	0,0092	0,07	11330,8	0,337	Turbulento-subcrítico
0,70	0,0092	0,07	12654,2	0,312	Turbulento-subcrítico
0,80	0,0092	0,07	13254,5	0,278	Turbulento-subcrítico
0,90	0,0092	0,07	12862,5	0,226	Turbulento-subcrítico
1,00	0,0091	0,07	9699,8	0,187	Turbulento-subcrítico

Quadro 19 - Valores dos coeficientes de rugosidade de Manning e Bazin para a tubulação de 150 mm na declividade 0,10%

Diâmetro Comercial 150 milímetros					
Declividade 0,10%					
y/D	n	n'	Re	Fr	Classificação do escoamento
0,10	-	-	1327,5	0,468	Transição-subcrítico
0,20	0,0090	0,07	4080,0	0,529	Turbulento-subcrítico
0,30	0,0091	0,07	7230,2	0,532	Turbulento-subcrítico
0,40	0,0093	0,08	10368,2	0,517	Turbulento-subcrítico
0,50	0,0092	0,07	13490,0	0,503	Turbulento-subcrítico
0,60	0,0092	0,07	16145,1	0,480	Turbulento-subcrítico
0,70	0,0091	0,07	18068,7	0,445	Turbulento-subcrítico
0,80	0,0092	0,07	18844,1	0,395	Turbulento-subcrítico
0,90	0,0092	0,07	18190,3	0,320	Turbulento-subcrítico
1,00	0,0090	0,07	13829,9	0,295	Turbulento-subcrítico

Quadro 20 - Valores dos coeficientes de rugosidade de Manning e Bazin para a tubulação de 150 mm na declividade 0,15%

Diâmetro Comercial 150 milímetros					
Declividade 0,15%					
y/D	n	n'	Re	Fr	Classificação do escoamento
0,10	-	-	1728,8	0,609	Transição-subcrítico
0,20	0,0092	0,08	4864,4	0,631	Turbulento-subcrítico
0,30	0,0092	0,07	8998,7	0,662	Turbulento-subcrítico
0,40	0,0092	0,08	12762,4	0,636	Turbulento-subcrítico
0,50	0,0092	0,07	16652,5	0,621	Turbulento-subcrítico
0,60	0,0092	0,07	19773,6	0,587	Turbulento-subcrítico
0,70	0,0092	0,07	22023,9	0,543	Turbulento-subcrítico
0,80	0,0092	0,07	23065,7	0,483	Turbulento-subcrítico
0,90	0,0092	0,07	22256,5	0,392	Turbulento-subcrítico
1,00	0,0089	0,07	17146,9	0,354	Turbulento-subcrítico

Quadro 21 - Valores dos coeficientes de rugosidade de Manning e Bazin para a tubulação de 150 mm na declividade 0,20%

Diâmetro Comercial 150 milímetros					
Declividade 0,20%					
y/D	n	n'	Re	Fr	Classificação do escoamento
0,10	0,0084	0,06	2145,7	0,756	Turbulento-subcrítico
0,20	0,0089	0,07	5886,6	0,763	Turbulento-subcrítico
0,30	0,0092	0,07	9770,4	0,718	Turbulento-subcrítico
0,40	0,0092	0,07	14325,7	0,714	Turbulento-subcrítico
0,50	0,0092	0,07	18417,5	0,687	Turbulento-subcrítico
0,60	0,0092	0,07	22140,5	0,658	Turbulento-subcrítico
0,70	0,0092	0,07	25092,5	0,618	Turbulento-subcrítico
0,80	0,0092	0,07	26626,2	0,557	Turbulento-subcrítico
0,90	0,0092	0,07	25610,5	0,451	Turbulento-subcrítico
1,00	0,0088	0,06	19981,1	0,413	Turbulento-subcrítico

Quadro 22 - Valores dos coeficientes de rugosidade de Manning e Bazin para a tubulação de 200 mm na declividade 0,05%

Diâmetro Comercial 200 milímetros					
Declividade 0,05%					
y/D	n	n'	Re	Fr	Classificação do escoamento
0,10	0,0094	0,08	2207,3	0,353	Turbulento-subcrítico
0,20	0,0095	0,08	6431,0	0,381	Turbulento-subcrítico
0,30	0,0095	0,08	11279,2	0,379	Turbulento-subcrítico
0,40	0,0095	0,08	16482,8	0,375	Turbulento-subcrítico
0,50	0,0095	0,08	21288,0	0,362	Turbulento-subcrítico
0,60	0,0095	0,08	25345,7	0,345	Turbulento-subcrítico
0,70	0,0095	0,08	28217,5	0,318	Turbulento-subcrítico
0,80	0,0095	0,08	29525,6	0,283	Turbulento-subcrítico
0,90	0,0095	0,08	28573,6	0,230	Turbulento-subcrítico
1,00	0,0093	0,08	21786,7	0,208	Turbulento-subcrítico

Quadro 23 - Valores dos coeficientes de rugosidade de Manning e Bazin para a tubulação de 200 mm na declividade 0,10%

Diâmetro Comercial 200 milímetros					
Declividade 0,10%					
y/D	n	n'	Re	Fr	Classificação do escoamento
0,10	-	-	1547,5	0,504	Transição-subcrítico
0,20	0,0095	0,08	4547,4	0,539	Turbulento-subcrítico
0,30	0,0095	0,08	7975,6	0,537	Turbulento-subcrítico
0,40	0,0095	0,08	11615,9	0,532	Turbulento-subcrítico
0,50	0,0095	0,08	14983,7	0,514	Turbulento-subcrítico
0,60	0,0095	0,08	17952,5	0,487	Turbulento-subcrítico
0,70	0,0095	0,08	19920,1	0,450	Turbulento-subcrítico
0,80	0,0095	0,08	20877,8	0,400	Turbulento-subcrítico
0,90	0,0095	0,08	20191,0	0,325	Turbulento-subcrítico
1,00	0,0093	0,07	15292,6	0,314	Turbulento-subcrítico

Quadro 24 - Valores dos coeficientes de rugosidade de Manning e Bazin para a tubulação de 200 mm na declividade 0,15%

Diâmetro Comercial 200 milímetros					
Declividade 0,15%					
y/D	n	n'	Re	Fr	Classificação do escoamento
0,10	0,0092	0,07	2726,2	0,622	Turbulento-subcrítico
0,20	0,0095	0,08	7723,4	0,648	Turbulento-subcrítico
0,30	0,0095	0,08	13814,1	0,657	Turbulento-subcrítico
0,40	0,0095	0,08	20028,5	0,646	Turbulento-subcrítico
0,50	0,0095	0,08	26059,0	0,629	Turbulento-subcrítico
0,60	0,0095	0,08	31129,6	0,598	Turbulento-subcrítico
0,70	0,0095	0,08	34653,5	0,553	Turbulento-subcrítico
0,80	0,0095	0,08	36103,5	0,489	Turbulento-subcrítico
0,90	0,0095	0,08	34924,8	0,398	Turbulento-subcrítico
1,00	0,0095	0,08	26082,3	0,347	Turbulento-subcrítico

Quadro 25 - Valores dos coeficientes de rugosidade de Manning e Bazin para a tubulação de 200 mm na declividade 0,20%

Diâmetro Comercial 200 milímetros					
Declividade 0,20%					
y/D	n	n'	Re	Fr	Classificação do escoamento
0,10	0,0092	0,07	3147,9	0,718	Turbulento-subcrítico
0,20	0,0095	0,08	8918,2	0,748	Turbulento-subcrítico
0,30	0,0095	0,08	15951,2	0,759	Turbulento-subcrítico
0,40	0,0095	0,08	23192,6	0,748	Turbulento-subcrítico
0,50	0,0095	0,08	30013,5	0,725	Turbulento-subcrítico
0,60	0,0095	0,08	35844,3	0,689	Turbulento-subcrítico
0,70	0,0095	0,08	39872,9	0,636	Turbulento-subcrítico
0,80	0,0095	0,08	41747,2	0,566	Turbulento-subcrítico
0,90	0,0095	0,08	40137,1	0,457	Turbulento-subcrítico
1,00	0,0093	0,08	30517,2	0,394	Turbulento-subcrítico

Quadro 26 - Valores dos coeficientes de rugosidade de Manning e Bazin para a tubulação de 250 mm na declividade 0,05%

Diâmetro Comercial 250 milímetros					
Declividade 0,05%					
y/D	n	n'	Re	Fr	Classificação do escoamento
0,10	0,0097	0,09	2273,5	0,371	Turbulento-subcrítico
0,20	0,0099	0,09	6274,4	0,376	Turbulento-subcrítico
0,30	0,0099	0,09	11113,3	0,378	Turbulento-subcrítico
0,40	0,0099	0,09	16187,3	0,373	Turbulento-subcrítico
0,50	0,0099	0,09	20995,2	0,362	Turbulento-subcrítico
0,60	0,0099	0,09	25017,6	0,344	Turbulento-subcrítico
0,70	0,0099	0,09	27874,5	0,318	Turbulento-subcrítico
0,80	0,0099	0,09	29014,8	0,281	Turbulento-subcrítico
0,90	0,0099	0,09	28042,6	0,228	Turbulento-subcrítico
1,00	0,0098	0,09	21448,8	0,198	Turbulento-subcrítico

Quadro 27 - Valores dos coeficientes de rugosidade de Manning e Bazin para a tubulação de 250 mm na declividade 0,10%

Diâmetro Comercial 250 milímetros					
Declividade 0,10%					
y/D	n	n'	Re	Fr	Classificação do escoamento
0,10	0,0097	0,09	3081,1	0,502	Turbulento-subcrítico
0,20	0,0099	0,09	8801,5	0,527	Turbulento-subcrítico
0,30	0,0099	0,09	15716,6	0,534	Turbulento-subcrítico
0,40	0,0099	0,09	22943,1	0,529	Turbulento-subcrítico
0,50	0,0099	0,09	29676,8	0,512	Turbulento-subcrítico
0,60	0,0099	0,09	35232,4	0,484	Turbulento-subcrítico
0,70	0,0099	0,09	39399,3	0,449	Turbulento-subcrítico
0,80	0,0099	0,09	41147,0	0,398	Turbulento-subcrítico
0,90	0,0099	0,09	39843,1	0,324	Turbulento-subcrítico
1,00	0,0098	0,09	30025,2	0,297	Turbulento-subcrítico

Quadro 28 - Valores dos coeficientes de rugosidade de Manning e Bazin para a tubulação de 250 mm na declividade 0,15%

Diâmetro Comercial 250 milímetros					
Declividade 0,15%					
y/D	n	n'	Re	Fr	Classificação do escoamento
0,10	0,0095	0,08	3842,9	0,626	Turbulento-subcrítico
0,20	0,0099	0,09	10809,0	0,648	Turbulento-subcrítico
0,30	0,0099	0,09	19164,2	0,651	Turbulento-subcrítico
0,40	0,0099	0,09	28120,1	0,648	Turbulento-subcrítico
0,50	0,0099	0,09	36169,5	0,624	Turbulento-subcrítico
0,60	0,0099	0,09	43235,3	0,594	Turbulento-subcrítico
0,70	0,0099	0,09	48193,6	0,549	Turbulento-subcrítico
0,80	0,0099	0,09	50440,9	0,488	Turbulento-subcrítico
0,90	0,0099	0,09	48722,3	0,397	Turbulento-subcrítico
1,00	0,0096	0,08	37337,5	0,352	Turbulento-subcrítico

Quadro 29 - Valores dos coeficientes de rugosidade de Manning e Bazin para a tubulação de 250 mm na declividade 0,20%

Diâmetro Comercial 250 milímetros					
Declividade 0,20%					
y/D	n	n'	Re	Fr	Classificação do escoamento
0,10	0,0094	0,08	4476,8	0,730	Turbulento-subcrítico
0,20	0,0099	0,09	12447,2	0,746	Turbulento-subcrítico
0,30	0,0099	0,09	22153,4	0,753	Turbulento-subcrítico
0,40	0,0099	0,09	32464,4	0,748	Turbulento-subcrítico
0,50	0,0099	0,09	42022,0	0,725	Turbulento-subcrítico
0,60	0,0099	0,09	49826,2	0,684	Turbulento-subcrítico
0,70	0,0099	0,09	55719,0	0,635	Turbulento-subcrítico
0,80	0,0099	0,09	58110,2	0,563	Turbulento-subcrítico
0,90	0,0099	0,09	56150,7	0,457	Turbulento-subcrítico
1,00	0,0097	0,09	42571,3	0,420	Turbulento-subcrítico

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

O objetivo do presente trabalho foi verificar, experimentalmente, a validade da relação entre a altura de lâmina de água e diâmetro ( $y/D$ ), para a definição da máxima vazão e máxima velocidade em canais de seção circular fechada, para regime de escoamento permanente uniforme e subcrítico; e determinar os coeficientes de rugosidade de Manning ( $n$ ) e Bazin ( $n'$ ) para tubos de PVC com diferentes declividades.

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, onde foram instalados canais de seção circular em PVC, com diâmetros comerciais de 100, 150, 200, 250 mm, 18 metros de comprimento e declividades de 0,05%; 0,10%; 0,15% e 0,20%. As declividades foram estabelecidas através de cavaletes, tendo-se o cuidado de garantir a ocorrência do regime de escoamento permanente, uniforme e subcrítico. A vazão de alimentação dos canais, derivada de um reservatório de nível constante, foi controlada por meio de uma válvula gaveta e por by-pass, e determinada por um diafragma. Uma caixa estabilizadora foi usada e teve a função de uniformizar o escoamento de tal maneira que este ocorresse livre de perturbações ao longo do canal e uma caixa receptora também foi usada com a função de manter constante o nível d'água no final do canal e reconduzir, com o auxílio de uma bomba, a água para o reservatório de nível constante.

Considerando os objetivos deste trabalho e os resultados alcançados, obtiveram-se as seguintes conclusões:

- A máxima vazão em canais de seção circular ocorreu a uma altura de lâmina de 0,93 a 0,95 do diâmetro interno da tubulação.

- A máxima velocidade em canais de seção circular ocorreu a uma altura de lâmina de 0,78 a 0,82 do diâmetro interno da tubulação.

- O valor do coeficiente angular (b) das equações de regressões para a velocidade, independente do diâmetro ou da inclinação da tubulação, foi sempre maior que 1, mostrando de forma geral que as equações sempre superestimaram os valores medidos. Já para a vazão, com exceção do diâmetro de 200 mm e declividade de 0,05 %, que subestimou os valores medidos, todas as outras equações de regressões tenderam a superestimar os valores medidos.

- A vazão a seção plena representou 94% daquela escoada para  $y/D = 0,95$  e a velocidade a seção plena representou 90% daquela da velocidade para  $y/D = 0,81$ .

- Os coeficientes de rugosidade de Manning validos para o Sistema Internacional de Unidades (SI), para os diâmetros comerciais de 100, 150, 200 e 250 milímetros de tubulações de PVC são respectivamente 0,0080, 0,0092, 0,0095, e 0,0099 e os coeficientes de rugosidade de Bazin 0,05, 0,07, 0,08 e 0,09, para as mesmas condições, não ocorrendo diferença na rugosidade devido à mudança de declividade.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAGARELLO, V.; FERRO, V.; PROVENZANO, G.; PUMO, D. Experimental study on flow-resistance law for small-diameter plastic pipes. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 121, n. 5, p. 313-316, 1995.
- BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 6<sup>o</sup> ed. Viçosa: Imprensa Universitária/UFV, 1995. 657 p.
- CHOW, V. T. **Hidráulica de canais abertos**. Santafé de Bogotá: Mc Graw-Hill Interamericana S.A., 1994. 667 p.
- CRUCIANI, D. E. **Apostila de Hidráulica: Equações, Gráficos e Tabelas**. Centro Acadêmico Luiz de Queiroz – ESALQ/USP. São Paulo, 2001.128 p.
- FEIZ, A. A.; OULD-ROUIS, M.; LAURIANT, G. Large eddy simulation of turbulent flow in a rotating pipe. **International Journal Heat and Fluid Flow**, New York, v. 24, p. 412-420, 2003.

- GARCEZ, L. N. **Elementos de Engenharia Hidráulica e Sanitária**. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1976. 255 p.
- GILLEY, J. E.; KOTTWITZ, E. R.; WIWMAN, G.A. Roughness coefficient for selected residue materials. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 117, n. 4, p. 503-515, 1991.
- HENDERSON, F.M. **Open channel flow**. New York: McMillan Publishing Co. Inc., 1980. 522 p.
- NETTO, J. M. A., ALVAREZ, G. A. **Manual de Hidráulica**. 8<sup>a</sup> ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1988. 355 p.
- NETTO, J. M. A., BOTELHO, M. H. C. **Manual de Saneamento de Cidades e Edificações**. São Paulo: Pini Ltda, 1991. 229p.
- NEVES, E. T. **Curso de hidráulica**. São Paulo: Globo, 1989. 123 p.
- RAMOS, M. M. **Hidráulica dos condutos livres: Escoamento permanente e uniforme em condutos livres**. Caderno didático n. 22. Viçosa, MG. Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV. 1996. 32 p.
- SILVESTRE, P. **Curso de canais**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Otoni, 1972. 124 p.
- SILVA, D.D.; PRUSKI, F. F; DENÍCULI, W.; CECÍLIO, R.A.; TEIXEIRA, A.F. Canal: Sistema para o Dimensionamento de Canais. In. XII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 2002, Uberlândia, MG. **Anais...**, Uberlândia: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 2002.
- SILVESTRE, P. **Hidráulica geral**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.,1979. 316 p.

STREETER, V. L., WYLIE, E.B. **Mecânica dos fluidos**. 7<sup>a</sup> ed. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil Ltda, 1982. 585 p.

TARGA, M. S. **Determinação de parâmetros hidráulicos e avaliação econômica de tubos de bambu gigante (*Dendrus calamus giganteus*), para utilização em drenagem**. Piracicaba: USP, 1997. 173 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1997.

TCPO 10. **Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos**. Editora Pini Ltda. São Paulo. 848 p. 2001.

WILLMONTT, C. J., On the validation of models. **Physical Geography**, Delaware, v. 2, n. 2, p. 184-194, 1981.

WONG, T.S., ZHOU, M.C. Kinematic wave parameters and time travel in circular channel revisited. **Advances in Water Resources**, Amsterdam, v. 26, n. 4, p. 417-425, 2003.

VIEIRA, R.C.C. **Normas DIN para medidores de vazão do tipo orifício** (Publicação Interna). São Carlos: Editora da Escola de Engenharia de São Carlos – USP; 1965; 23 P.

## APÊNDICE A

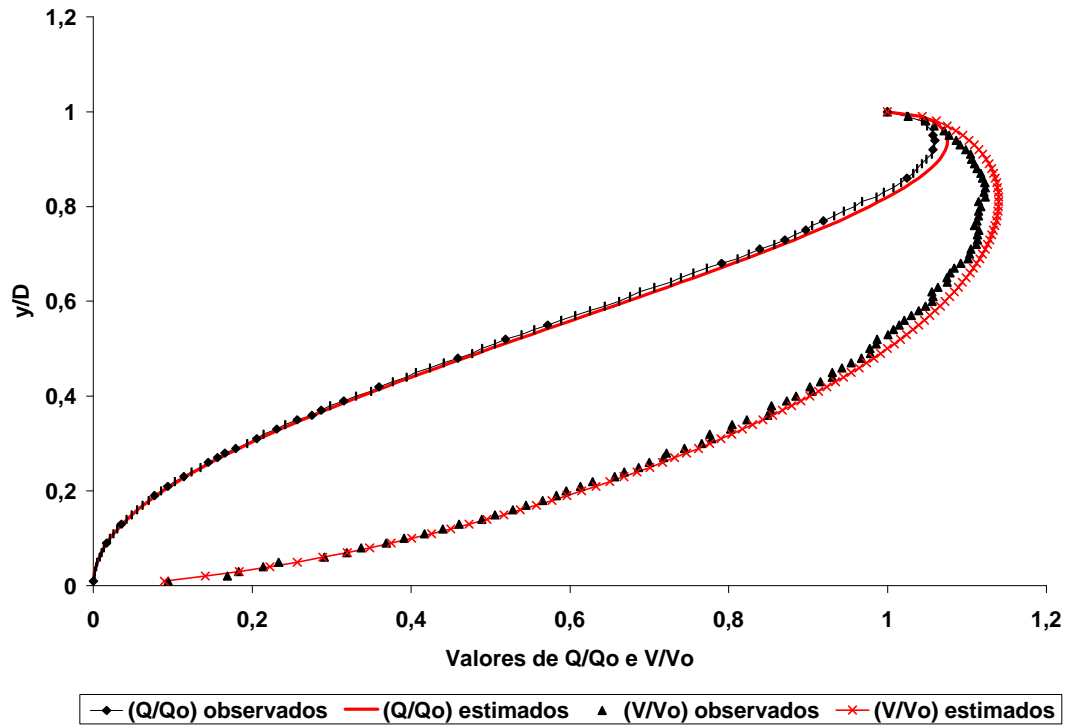


Figura 1A - Avaliação da ocorrência da vazão e velocidades máxima em conduto circular de 100 milímetros, na declividade de 0,05%.

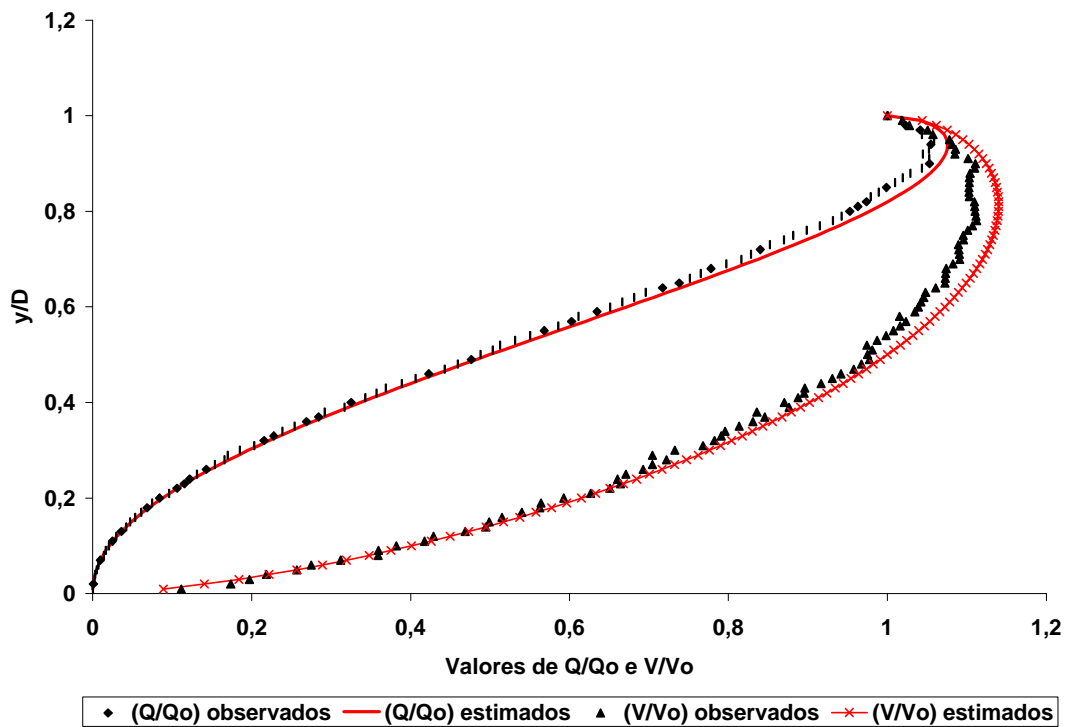


Figura 2A - Avaliação da ocorrência da vazão e velocidades máxima em conduto circular de 100 milímetros, na declividade de 0,10%.

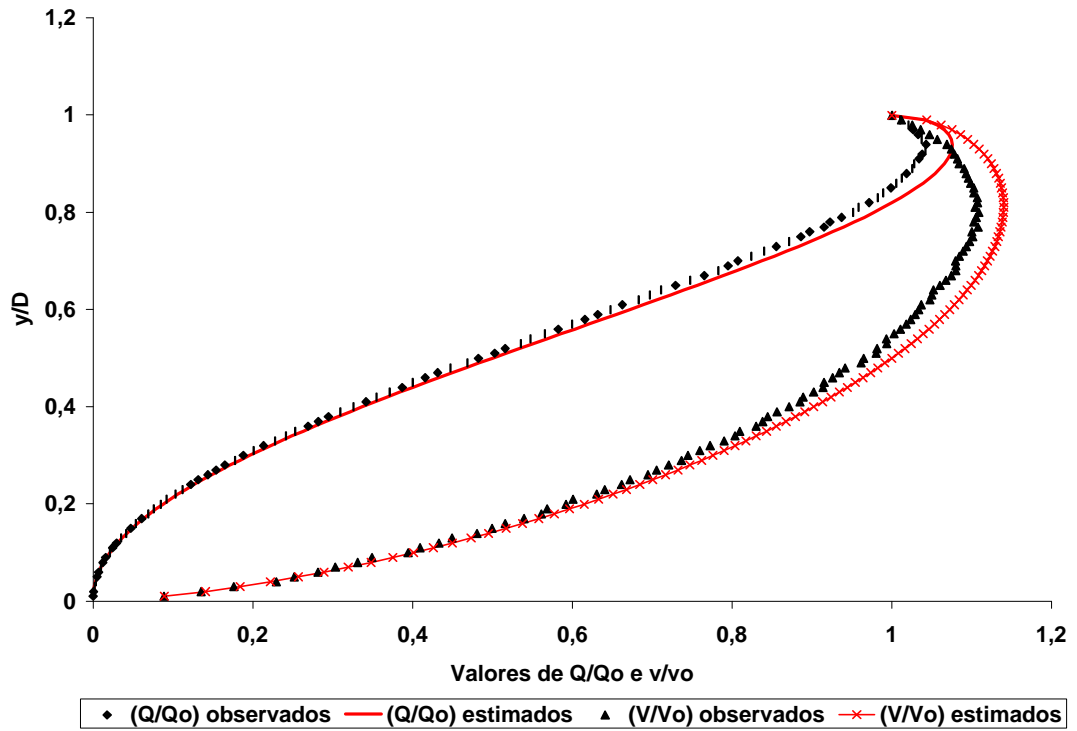


Figura 3A - Avaliação da ocorrência da vazão e velocidades máximas em conduto circular de 100 milímetros, na declividade de 0,15%.

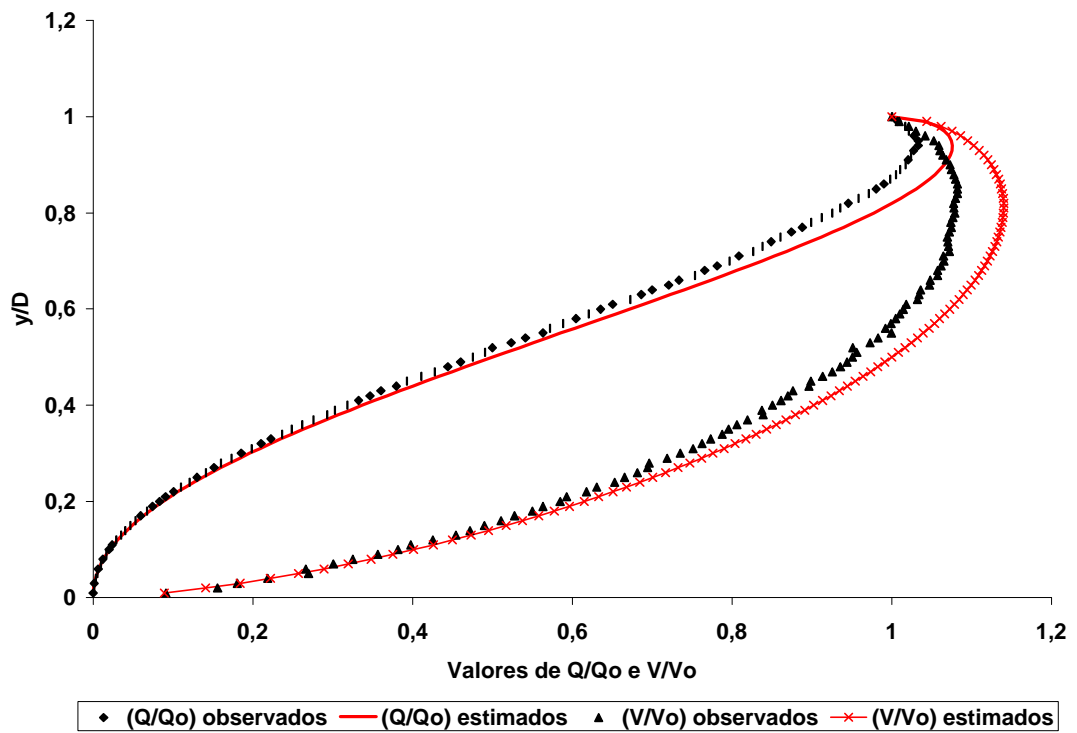


Figura 4A - Avaliação da ocorrência da vazão e velocidades máximas em conduto circular de 100 milímetros, na declividade de 0,20%.

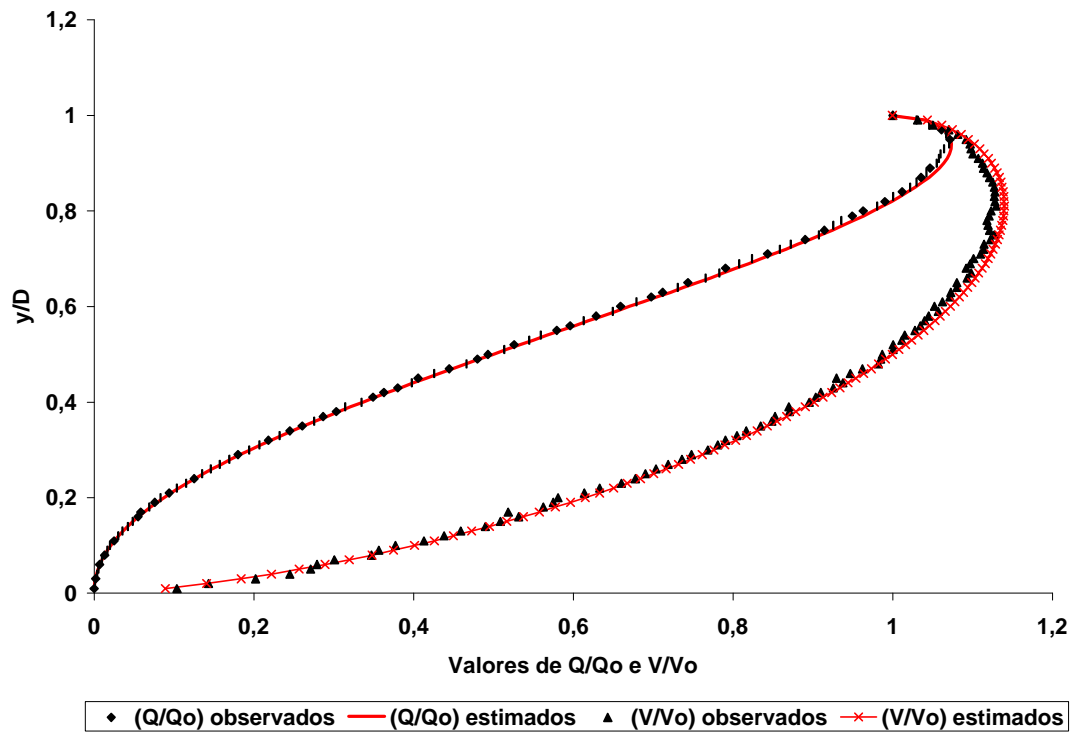


Figura 5A - Avaliação da ocorrência da vazão e velocidades máximas em conduto circular de 150 milímetros, na declividade de 0,05%.

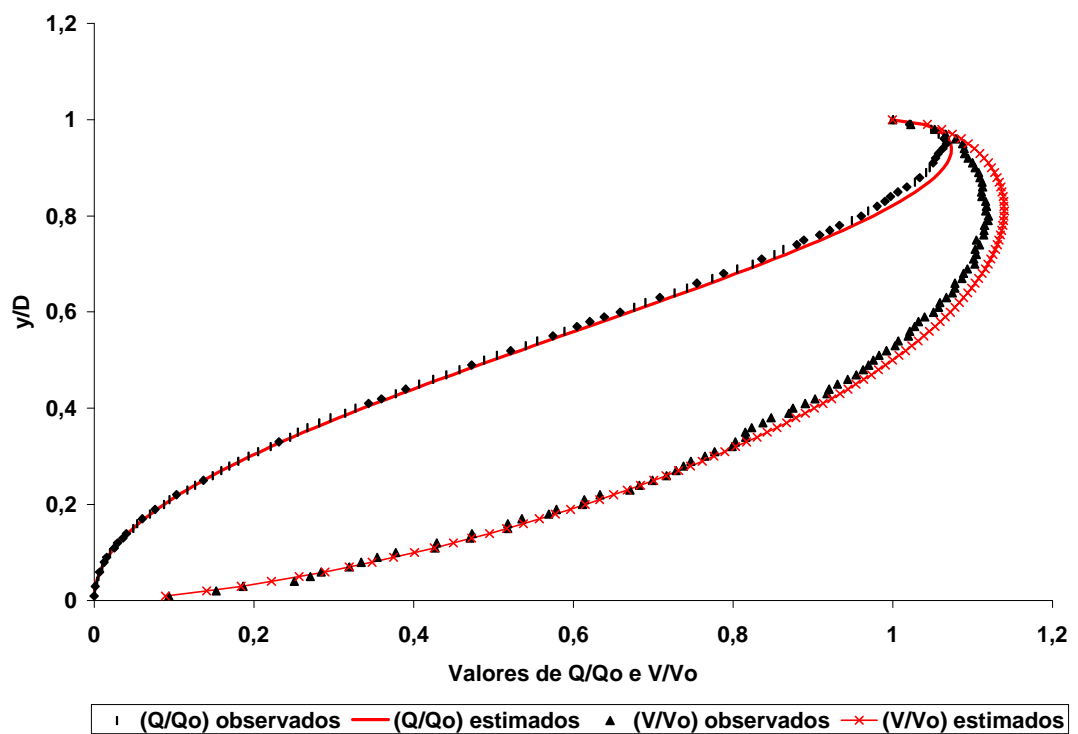


Figura 6A - Avaliação da ocorrência da vazão e velocidades máximas em conduto circular de 150 milímetros, na declividade de 0,10%.

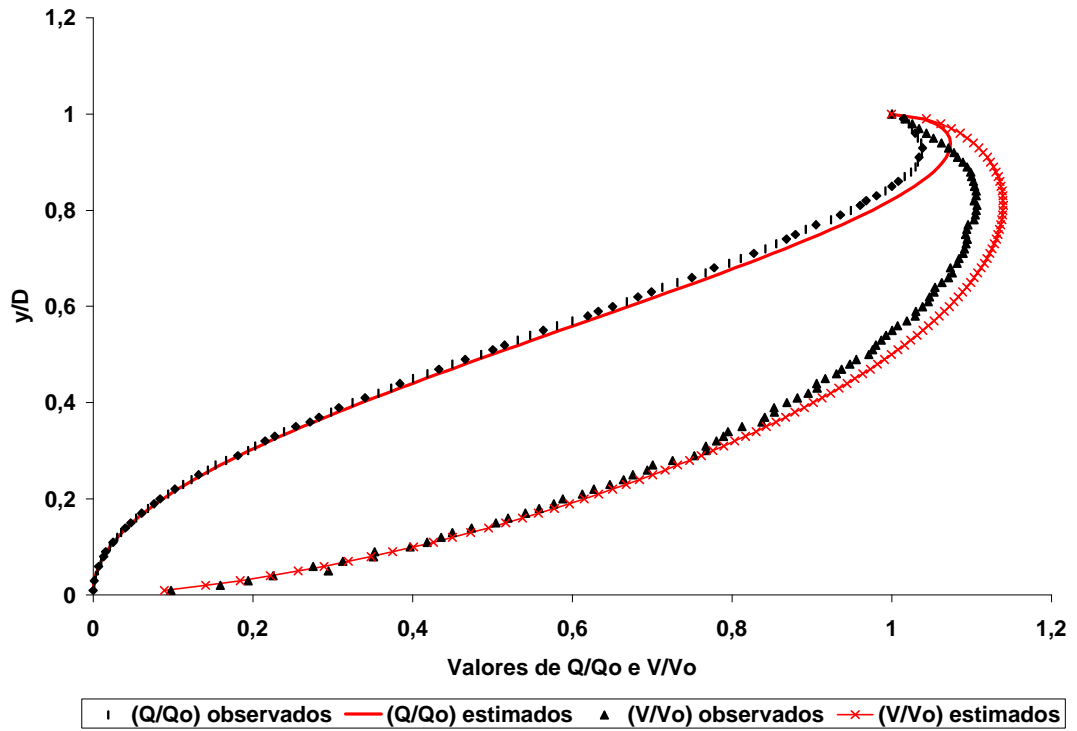


Figura 7A - Avaliação da ocorrência da vazão e velocidades máximas em conduto circular de 150 milímetros, na declividade de 0,15%.

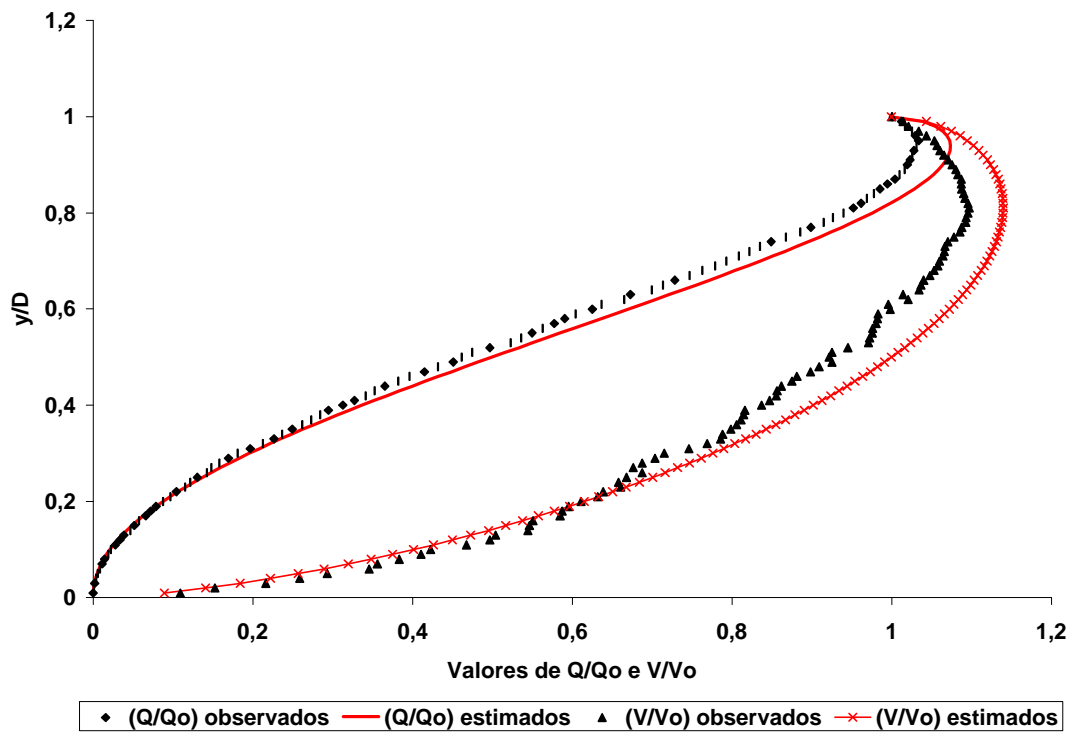


Figura 8A - Avaliação da ocorrência da vazão e velocidades máximas em conduto circular de 150 milímetros, na declividade de 0,20%.

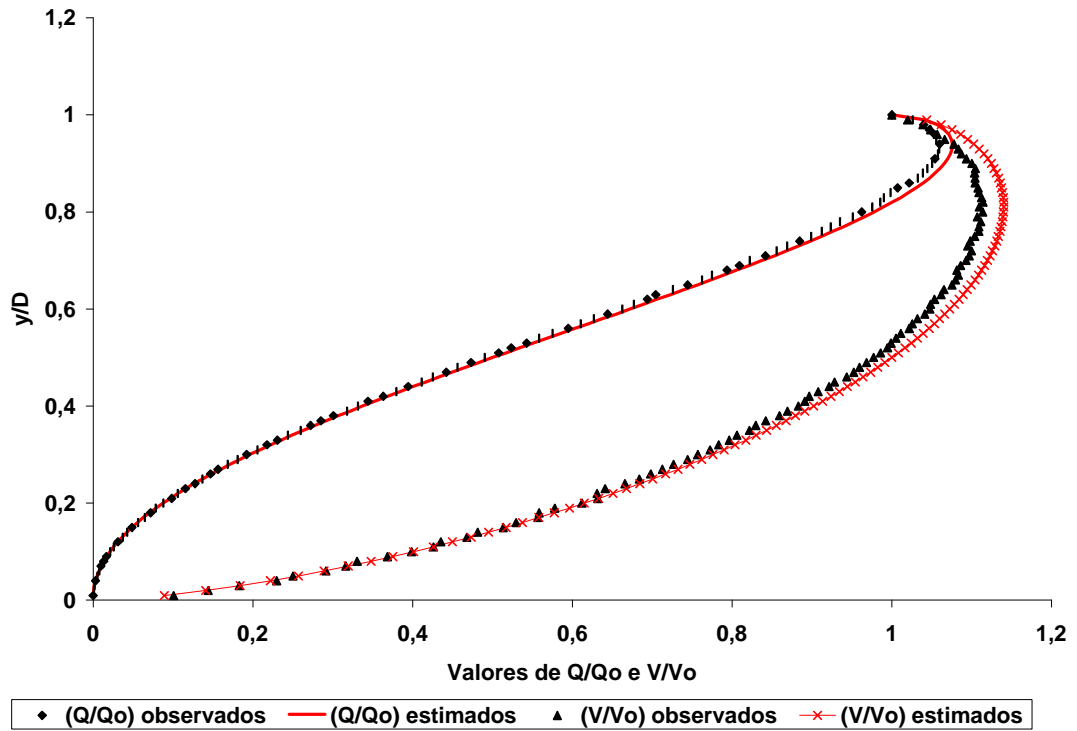


Figura 9A - Avaliação da ocorrência da vazão e velocidades máximas em conduto circular de 200 milímetros, na declividade de 0,05%.

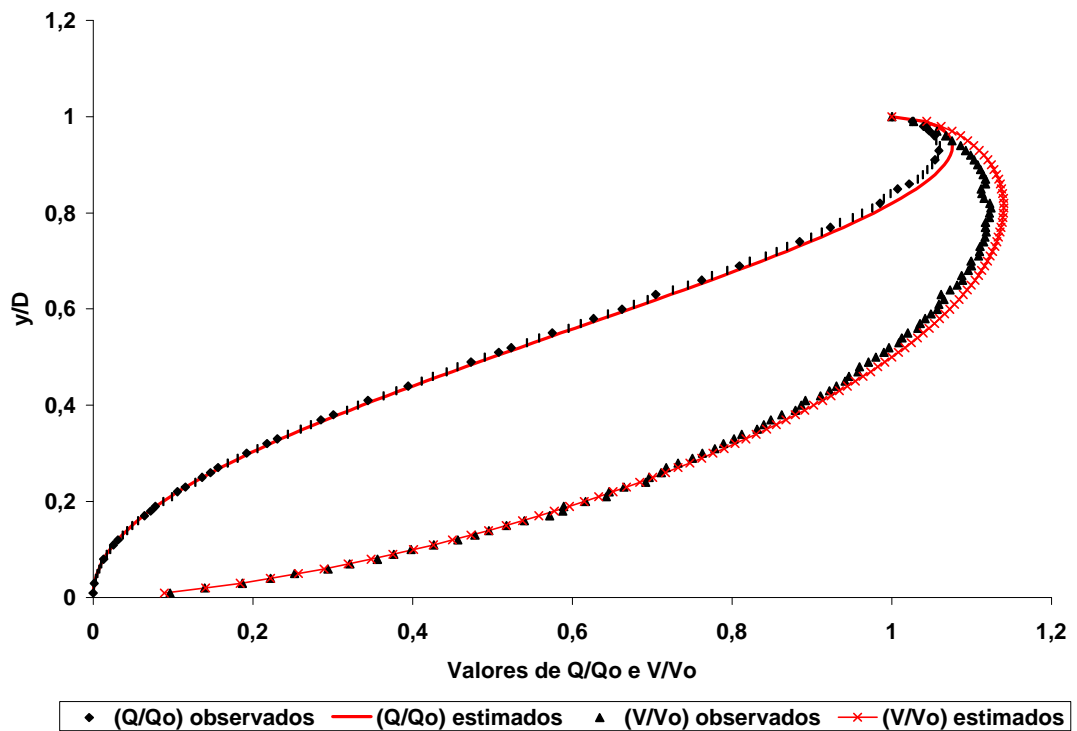


Figura 10A - Avaliação da ocorrência da vazão e velocidades máximas em conduto circular de 200 milímetros, na declividade de 0,10%.

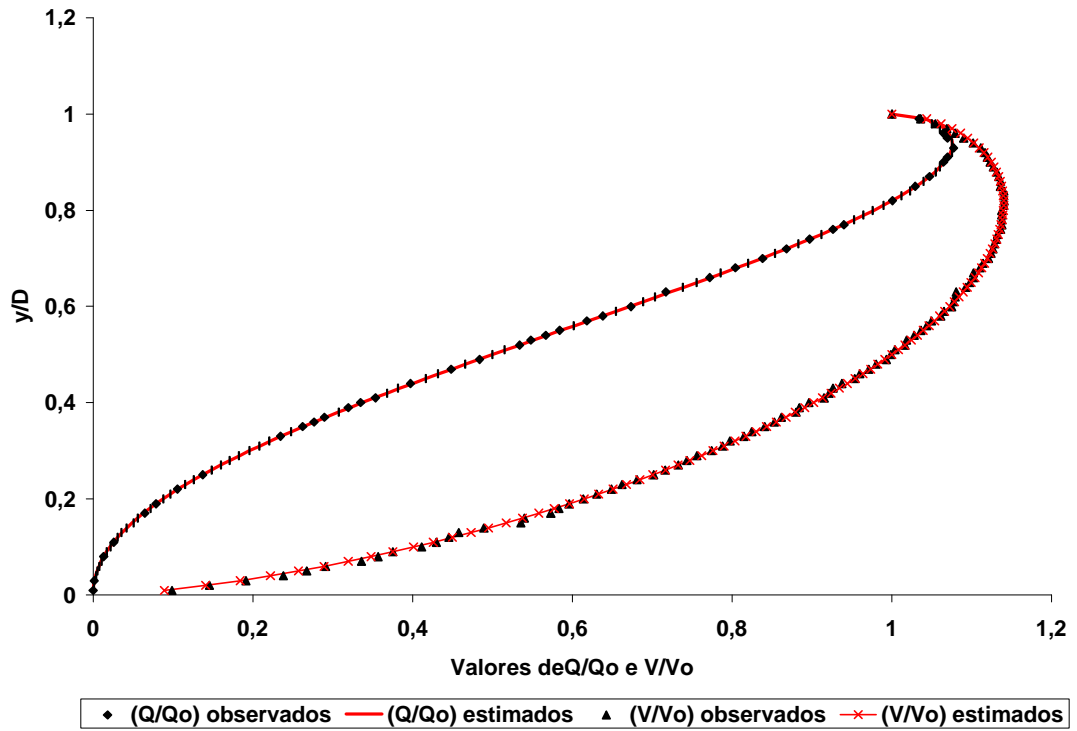


Figura 11A - Avaliação da ocorrência da vazão e velocidades máximas em conduto circular de 200 milímetros, na declividade de 0,15%.

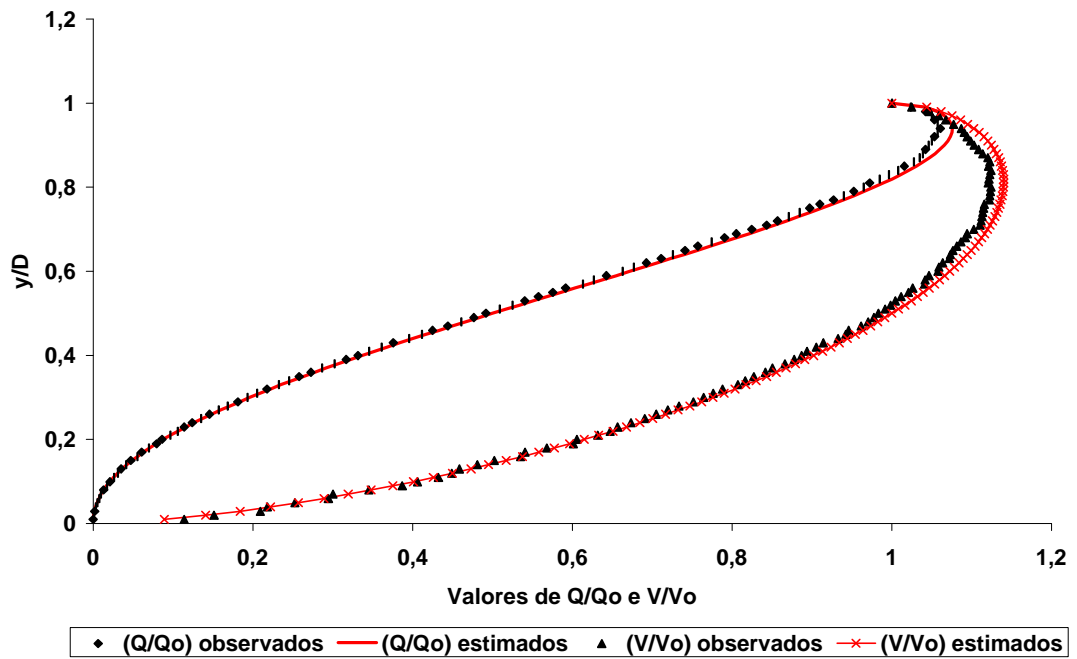


Figura 12A - Avaliação da ocorrência da vazão e velocidades máximas em conduto circular de 200 milímetros, na declividade de 0,20%.

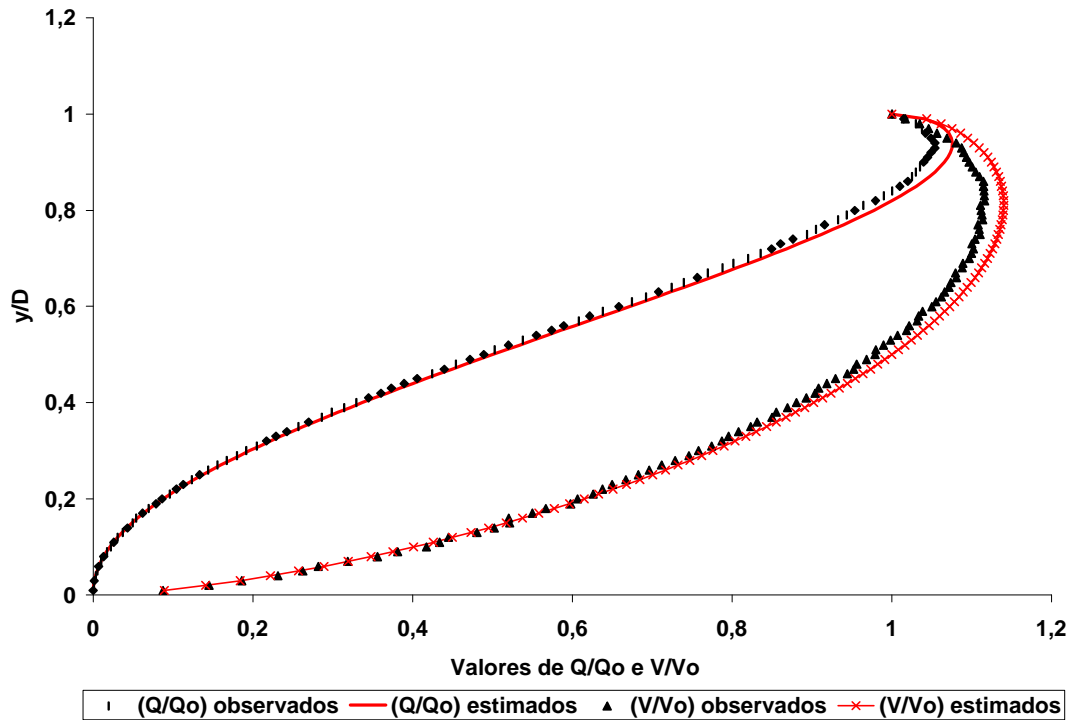


Figura 13A - Avaliação da ocorrência da vazão e velocidades máximas em conduto circular de 250 milímetros, na declividade de 0,05%.

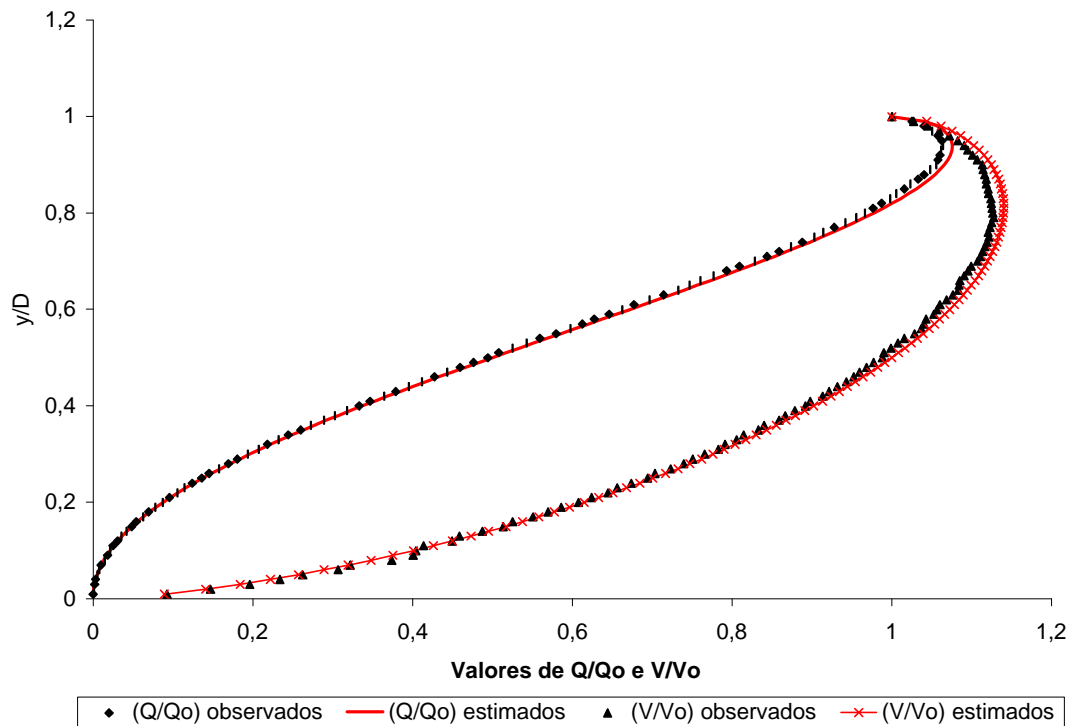


Figura 14A - Avaliação da ocorrência da vazão e velocidades máximas em conduto circular de 250 milímetros, na declividade de 0,10%.

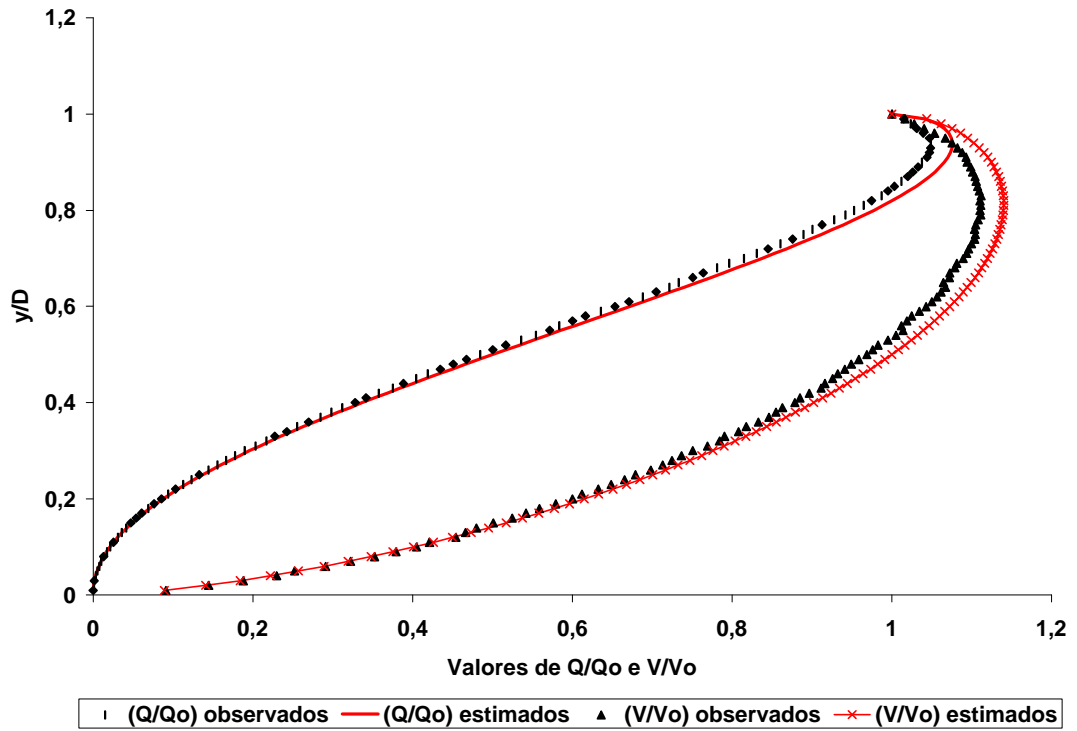


Figura 15A - Avaliação da ocorrência da vazão e velocidades máximas em conduto circular de 250 milímetros, na declividade de 0,15%.

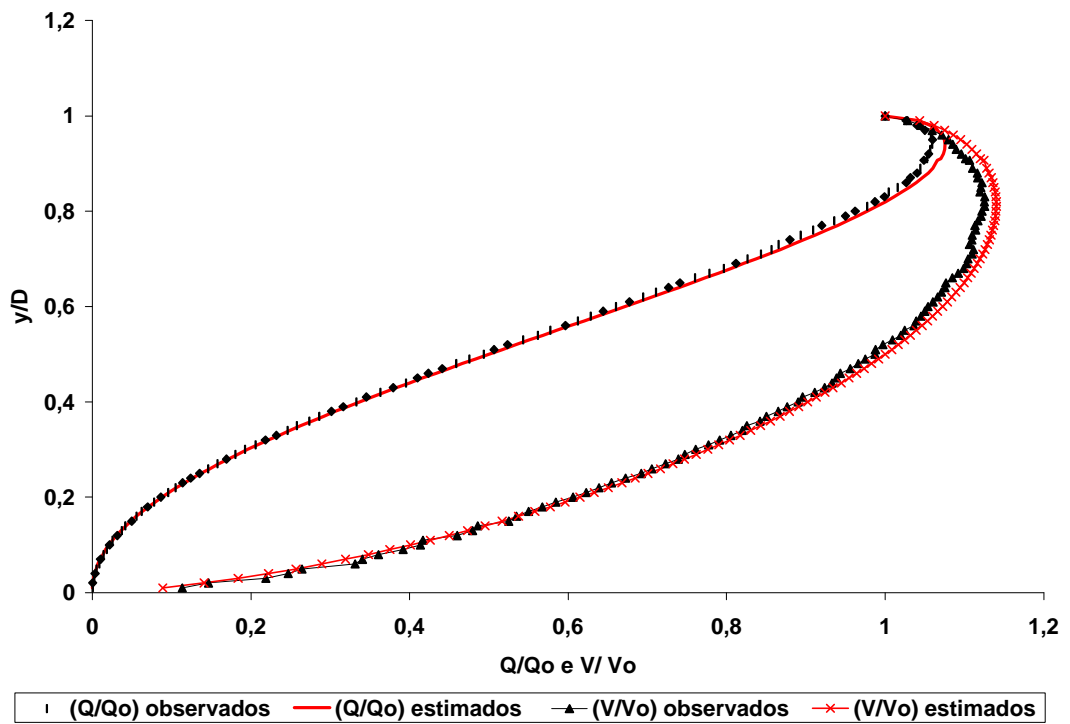


Figura 16A - Avaliação da ocorrência da vazão e velocidades máximas em conduto circular de 250 milímetros, na declividade de 0,20%.

## **APÊNDICE B**

Quadro 1B- Valores de velocidades (V) e vazões (Q) para cada relação y/D na declividade de 0,20% e diâmetro de 250 mm.

y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado	y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q / Qo observado
0,01	0,080494	0,000006	0,113078	0,000191	0,51	0,703016	0,016855	0,987592	0,506370
0,02	0,104233	0,000023	0,146426	0,000699	0,52	0,709593	0,017435	0,996831	0,523793
0,03	0,155856	0,000064	0,218945	0,001914	0,53	0,718259	0,018075	1,009006	0,543021
0,04	0,175877	0,000110	0,247071	0,003315	0,54	0,725696	0,018693	1,019453	0,561591
0,05	0,188183	0,000164	0,264358	0,004942	0,55	0,729273	0,019217	1,024478	0,577350
0,06	0,235962	0,000270	0,331478	0,008120	0,56	0,737533	0,019872	1,036081	0,597001
0,07	0,242498	0,000349	0,340659	0,010483	0,57	0,739670	0,020366	1,039084	0,611849
0,08	0,257048	0,000450	0,361100	0,013533	0,58	0,743765	0,020916	1,044836	0,628388
0,09	0,278991	0,000582	0,391925	0,017471	0,59	0,747250	0,021453	1,049732	0,644503
0,10	0,294623	0,000717	0,413884	0,021540	0,60	0,750204	0,021976	1,053882	0,660225
0,11	0,296805	0,000831	0,416949	0,024954	0,61	0,754808	0,022550	1,060349	0,677476
0,12	0,327309	0,001040	0,459801	0,031254	0,62	0,758834	0,023110	1,066006	0,694299
0,13	0,341496	0,001220	0,479732	0,036648	0,63	0,762356	0,023657	1,070953	0,710724
0,14	0,345866	0,001376	0,485870	0,041345	0,64	0,765436	0,024191	1,075279	0,726777
0,15	0,373985	0,001645	0,525372	0,049417	0,65	0,766342	0,024657	1,076552	0,740755
0,16	0,380819	0,001839	0,534972	0,055249	0,66	0,772206	0,025282	1,084790	0,759555
0,17	0,391627	0,002064	0,550155	0,062017	0,67	0,777510	0,025893	1,092242	0,777900
0,18	0,403882	0,002312	0,567371	0,069447	0,68	0,782323	0,026489	1,099002	0,795822
0,19	0,416215	0,002575	0,584696	0,077349	0,69	0,785177	0,027020	1,103011	0,811772
0,20	0,431485	0,002873	0,606148	0,086302	0,70	0,786281	0,027489	1,104563	0,825864
0,21	0,443242	0,003164	0,622664	0,095055	0,71	0,790102	0,028052	1,109931	0,842767
0,22	0,454920	0,003470	0,639069	0,104244	0,72	0,790863	0,028504	1,110999	0,856349
0,23	0,466087	0,003787	0,654756	0,113766	0,73	0,787499	0,028802	1,106273	0,865285
0,24	0,478430	0,004129	0,672095	0,124035	0,74	0,789526	0,029291	1,109121	0,879977
0,25	0,492767	0,004505	0,692236	0,135333	0,75	0,790151	0,029724	1,109999	0,892993
0,26	0,502215	0,004852	0,705509	0,145758	0,76	0,793205	0,030245	1,114289	0,908648
0,27	0,514470	0,005240	0,722724	0,157437	0,77	0,792505	0,030618	1,113306	0,919866
0,28	0,526077	0,005638	0,739030	0,169392	0,78	0,795369	0,031124	1,117330	0,935072
0,29	0,531970	0,005987	0,747308	0,179879	0,79	0,798120	0,031622	1,121193	0,950034
0,30	0,541757	0,006392	0,761057	0,192027	0,80	0,798570	0,032024	1,121826	0,962102
0,31	0,553332	0,006832	0,777317	0,205243	0,81	0,801220	0,032508	1,125549	0,976650
0,32	0,563088	0,007264	0,791022	0,218218	0,82	0,800666	0,032856	1,124771	0,987096
0,33	0,573309	0,007715	0,805380	0,231784	0,83	0,801259	0,033243	1,125603	0,998717
0,34	0,583709	0,008183	0,819991	0,245845	0,84	0,796879	0,033413	1,119451	1,003839
0,35	0,587630	0,008571	0,825499	0,257489	0,85	0,797754	0,033794	1,120679	1,015268
0,36	0,599413	0,009084	0,842052	0,272912	0,86	0,798730	0,034170	1,122051	1,026570
0,37	0,605305	0,009520	0,850329	0,286019	0,87	0,795046	0,034336	1,116875	1,031553
0,38	0,615720	0,010039	0,864959	0,301603	0,88	0,794479	0,034624	1,116080	1,040217
0,39	0,623802	0,010532	0,876313	0,316421	0,89	0,790410	0,034747	1,110362	1,043908
0,40	0,633497	0,011065	0,889932	0,332416	0,91	0,787582	0,034910	1,106390	1,048809
0,41	0,637877	0,011514	0,896086	0,345916	0,91	0,784155	0,035032	1,101576	1,052470
0,42	0,648552	0,012087	0,911082	0,363137	0,92	0,780170	0,035113	1,095978	1,054903
0,43	0,657159	0,012634	0,923172	0,379576	0,93	0,775665	0,035154	1,089649	1,056118
0,44	0,664050	0,013159	0,932852	0,395333	0,94	0,772444	0,035234	1,085124	1,058543
0,45	0,668295	0,013638	0,938816	0,409741	0,95	0,768754	0,035275	1,079941	1,059753
0,46	0,671486	0,014102	0,943300	0,423659	0,96	0,762895	0,035194	1,071710	1,057331
0,47	0,680431	0,014694	0,955865	0,441443	0,97	0,754054	0,034951	1,059290	1,050031
0,48	0,687840	0,015263	0,966273	0,458537	0,98	0,744028	0,034624	1,045205	1,040217
0,49	0,693950	0,015811	0,974857	0,475017	0,99	0,7320012	0,0341701	1,0283106	1,0265701
0,50	0,702663	0,016428	0,987096	0,493548	1,00	0,711848	0,033286	1,000000	1,000000

Quadro 2B- Valores de velocidades (V) e vazões (Q) para cada relação y/D na declividade de 0,15% e diâmetro de 250 mm.

y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado	y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado
0,01	0,056918	0,000005	0,091166	0,000154	0,51	0,609409	0,014611	0,976097	0,500476
0,02	0,090268	0,000020	0,144584	0,000690	0,52	0,613567	0,015075	0,982757	0,516398
0,03	0,117324	0,000048	0,187919	0,001643	0,53	0,621129	0,015631	0,994868	0,535413
0,04	0,143603	0,000090	0,230011	0,003086	0,54	0,627619	0,016167	1,005264	0,553775
0,05	0,157445	0,000138	0,252182	0,004714	0,55	0,633186	0,016685	1,014181	0,571548
0,06	0,181644	0,000208	0,290941	0,007127	0,56	0,631792	0,017023	1,011948	0,583095
0,07	0,201272	0,000290	0,322379	0,009920	0,57	0,636171	0,017516	1,018962	0,600000
0,08	0,220123	0,000386	0,352574	0,013214	0,58	0,639923	0,017996	1,024972	0,616441
0,09	0,236732	0,000493	0,379176	0,016903	0,59	0,645804	0,018540	1,034392	0,635085
0,10	0,252903	0,000615	0,405077	0,021082	0,60	0,650968	0,019069	1,042663	0,653197
0,11	0,262855	0,000736	0,421017	0,025198	0,61	0,655506	0,019584	1,049932	0,670820
0,12	0,283458	0,000901	0,454017	0,030861	0,62	0,659496	0,020085	1,056322	0,687992
0,13	0,291229	0,001040	0,466465	0,035635	0,63	0,663007	0,020574	1,061945	0,704746
0,14	0,299528	0,001192	0,479758	0,040825	0,64	0,666097	0,021052	1,066895	0,721110
0,15	0,312899	0,001376	0,501173	0,047140	0,65	0,664704	0,021386	1,064664	0,732575
0,16	0,327593	0,001582	0,524709	0,054190	0,66	0,669245	0,021911	1,071937	0,750555
0,17	0,338261	0,001783	0,541796	0,061075	0,67	0,669529	0,022297	1,072392	0,763763
0,18	0,349033	0,001998	0,559051	0,068429	0,68	0,673385	0,022801	1,078567	0,781025
0,19	0,361676	0,002237	0,579301	0,076636	0,69	0,675115	0,023233	1,081339	0,795822
0,20	0,374697	0,002495	0,600156	0,085449	0,70	0,680086	0,023777	1,089300	0,814453
0,21	0,382126	0,002728	0,612055	0,093435	0,71	0,683013	0,024250	1,093989	0,830662
0,22	0,394709	0,003011	0,632210	0,103126	0,72	0,684588	0,024674	1,096512	0,845182
0,23	0,404911	0,003290	0,648550	0,112687	0,73	0,686649	0,025113	1,099814	0,860233
0,24	0,415427	0,003585	0,665394	0,122798	0,74	0,689012	0,025562	1,103598	0,875595
0,25	0,423895	0,003875	0,678957	0,132737	0,75	0,689769	0,025948	1,104811	0,888819
0,26	0,435764	0,004210	0,697968	0,144200	0,76	0,689066	0,026274	1,103684	0,900000
0,27	0,445178	0,004535	0,713046	0,155329	0,77	0,689787	0,026650	1,104840	0,912871
0,28	0,452679	0,004852	0,725061	0,166190	0,78	0,691833	0,027073	1,108117	0,927362
0,29	0,459829	0,005175	0,736514	0,177281	0,79	0,693805	0,027489	1,111275	0,941630
0,30	0,468657	0,005529	0,750654	0,189402	0,80	0,693177	0,027798	1,110269	0,952190
0,31	0,480356	0,005931	0,769391	0,203150	0,81	0,693877	0,028153	1,111391	0,964365
0,32	0,489728	0,006317	0,784403	0,216392	0,82	0,693397	0,028454	1,110622	0,974679
0,33	0,493482	0,006641	0,790415	0,227478	0,83	0,694208	0,028802	1,111920	0,986577
0,34	0,504655	0,007075	0,808312	0,242343	0,84	0,692747	0,029047	1,109580	0,994987
0,35	0,510618	0,007447	0,817862	0,255107	0,85	0,691448	0,029291	1,107499	1,003328
0,36	0,519957	0,007880	0,832821	0,269921	0,86	0,690316	0,029532	1,105687	1,011599
0,37	0,528107	0,008306	0,845876	0,284521	0,87	0,689359	0,029772	1,104154	1,019804
0,38	0,533825	0,008704	0,855033	0,298142	0,88	0,687496	0,029962	1,101169	1,026320
0,39	0,538909	0,009099	0,863177	0,311677	0,89	0,685856	0,030151	1,098543	1,032796
0,40	0,548725	0,009584	0,878899	0,328295	0,90	0,683389	0,030292	1,094592	1,037625
0,41	0,552418	0,009971	0,884814	0,341565	0,91	0,682235	0,030479	1,092743	1,044031
0,42	0,559927	0,010435	0,896841	0,357460	0,92	0,679270	0,030572	1,087994	1,047219
0,43	0,569116	0,010942	0,911559	0,374802	0,93	0,675595	0,030618	1,082108	1,048809
0,44	0,572081	0,011336	0,916308	0,388322	0,94	0,671248	0,030618	1,075146	1,048809
0,45	0,578129	0,011798	0,925995	0,404145	0,95	0,666267	0,030572	1,067167	1,047219
0,46	0,582183	0,012226	0,932489	0,418804	0,96	0,657649	0,030339	1,053364	1,039230
0,47	0,587545	0,012688	0,941077	0,434613	0,97	0,649477	0,030104	1,040274	1,031181
0,48	0,592797	0,013154	0,949490	0,450573	0,98	0,641797	0,029867	1,027974	1,023067
0,49	0,598589	0,013638	0,958766	0,467177	0,99	0,634702	0,029628	1,016610	1,014889
0,50	0,604801	0,014140	0,968717	0,484359	1,00	0,624332	0,029193	1,000000	1,000000

Quadro 3B- Valores de velocidades (V) e vazões (Q) para cada relação y/D na declividade de 0,10% e diâmetro de 250 mm.

y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado	y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado
0,01	0,046473	0,000004	0,092565	0,000157	0,51	0,497107	0,011918	0,990134	0,507673
0,02	0,073704	0,000016	0,146803	0,000701	0,52	0,501646	0,012326	0,999175	0,525024
0,03	0,098572	0,000040	0,196335	0,001716	0,53	0,505884	0,012730	1,007616	0,542273
0,04	0,117251	0,000074	0,233540	0,003133	0,54	0,509856	0,013133	1,015527	0,559428
0,05	0,131728	0,000115	0,262375	0,004905	0,55	0,516429	0,013609	1,028619	0,579684
0,06	0,153996	0,000176	0,306728	0,007514	0,56	0,520531	0,014025	1,036789	0,597409
0,07	0,161665	0,000233	0,322004	0,009909	0,57	0,522343	0,014382	1,040399	0,612623
0,08	0,187722	0,000329	0,373903	0,014013	0,58	0,523639	0,014726	1,042981	0,627273
0,09	0,201184	0,000419	0,400716	0,017863	0,59	0,528385	0,015169	1,052434	0,646162
0,10	0,202773	0,000493	0,403882	0,021020	0,60	0,530474	0,015539	1,056595	0,661925
0,11	0,207805	0,000582	0,413904	0,024772	0,61	0,532237	0,015901	1,060105	0,677320
0,12	0,225582	0,000717	0,449313	0,030541	0,62	0,536577	0,016341	1,068750	0,696086
0,13	0,230237	0,000822	0,458584	0,035033	0,63	0,540434	0,016770	1,076431	0,714359
0,14	0,244564	0,000973	0,487120	0,041451	0,64	0,543866	0,017189	1,083268	0,732177
0,15	0,257752	0,001134	0,513388	0,048289	0,65	0,544412	0,017516	1,084355	0,746124
0,16	0,263839	0,001274	0,525512	0,054273	0,66	0,544817	0,017837	1,085162	0,759815
0,17	0,276482	0,001457	0,550695	0,062078	0,67	0,547448	0,018231	1,090403	0,776590
0,18	0,285949	0,001637	0,569551	0,069714	0,68	0,549816	0,018617	1,095119	0,793011
0,19	0,294308	0,001821	0,586201	0,077548	0,69	0,551954	0,018994	1,099377	0,809098
0,20	0,305106	0,002031	0,607708	0,086525	0,70	0,555985	0,019438	1,107406	0,827990
0,21	0,313420	0,002237	0,624266	0,095299	0,71	0,557677	0,019800	1,110777	0,843410
0,22	0,323479	0,002467	0,644303	0,105098	0,72	0,559224	0,020155	1,113859	0,858553
0,23	0,329573	0,002678	0,656441	0,114058	0,73	0,560647	0,020505	1,116692	0,873434
0,24	0,338301	0,002919	0,673825	0,124354	0,74	0,561964	0,020848	1,119316	0,888065
0,25	0,348439	0,003185	0,694018	0,135681	0,75	0,563194	0,021186	1,121766	0,902459
0,26	0,353073	0,003411	0,703248	0,145291	0,76	0,562620	0,021453	1,120622	0,913812
0,27	0,362888	0,003696	0,722797	0,157453	0,77	0,563772	0,021781	1,122916	0,927806
0,28	0,371200	0,003978	0,739354	0,169466	0,78	0,564880	0,022105	1,125123	0,941593
0,29	0,376868	0,004242	0,750644	0,180682	0,79	0,565957	0,022424	1,127268	0,955181
0,30	0,384346	0,004535	0,765538	0,193157	0,80	0,565456	0,022676	1,126271	0,965914
0,31	0,392962	0,004852	0,782699	0,206664	0,81	0,565023	0,022925	1,125409	0,976529
0,32	0,397141	0,005123	0,791022	0,218218	0,82	0,564665	0,023172	1,124694	0,987029
0,33	0,404468	0,005443	0,805616	0,231852	0,83	0,564386	0,023415	1,124140	0,997419
0,34	0,408975	0,005733	0,814593	0,244226	0,84	0,562761	0,023597	1,120903	1,005141
0,35	0,418187	0,006099	0,832941	0,259810	0,85	0,562692	0,023836	1,120766	1,015346
0,36	0,421759	0,006392	0,840057	0,272266	0,86	0,561341	0,024014	1,118075	1,022933
0,37	0,431198	0,006782	0,858856	0,288888	0,87	0,561505	0,024250	1,118400	1,032962
0,38	0,435087	0,007094	0,866603	0,302177	0,88	0,560449	0,024425	1,116298	1,040420
0,39	0,441095	0,007447	0,878569	0,317235	0,89	0,559561	0,024599	1,114529	1,047825
0,40	0,447702	0,007820	0,891730	0,333088	0,90	0,558848	0,024771	1,113109	1,055179
0,41	0,450587	0,008133	0,897475	0,346453	0,91	0,555763	0,024829	1,106965	1,057618
0,42	0,458596	0,008547	0,913427	0,364071	0,92	0,552933	0,024886	1,101328	1,060053
0,43	0,462708	0,008896	0,921618	0,378937	0,93	0,549737	0,024914	1,094962	1,061267
0,44	0,467716	0,009268	0,931593	0,394799	0,94	0,547449	0,024971	1,090404	1,063693
0,45	0,473414	0,009661	0,942943	0,411542	0,95	0,543591	0,024943	1,082720	1,062481
0,46	0,478032	0,010039	0,952140	0,427629	0,96	0,538210	0,024829	1,072002	1,057618
0,47	0,481740	0,010403	0,959525	0,443133	0,97	0,531955	0,024657	1,059544	1,050282
0,48	0,486094	0,010786	0,968198	0,459450	0,98	0,524859	0,024425	1,045410	1,040420
0,49	0,490431	0,011174	0,976837	0,475982	0,99	0,515710	0,024074	1,027188	1,025449
0,50	0,496235	0,011602	0,988396	0,494198	1,00	0,502061	0,023476	1,000000	1,000000

Quadro 4B- Valores de velocidades (V) e vazões (Q) para cada relação y/D na declividade de 0,05% e diâmetro de 250 mm.

y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado	y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado
0,01	0,031485	0,000002	0,087788	0,000149	0,51	0,351508	0,008427	0,980082	0,502519
0,02	0,052116	0,000012	0,145312	0,000694	0,52	0,354875	0,008719	0,989471	0,519925
0,03	0,066733	0,000027	0,186068	0,001627	0,53	0,358013	0,009009	0,998218	0,537215
0,04	0,082909	0,000052	0,231169	0,003102	0,54	0,361229	0,009305	1,007186	0,554834
0,05	0,094092	0,000082	0,262348	0,004904	0,55	0,365304	0,009626	1,018547	0,574008
0,06	0,101033	0,000116	0,281702	0,006901	0,56	0,366549	0,009876	1,022019	0,588898
0,07	0,114315	0,000164	0,318734	0,009808	0,57	0,369956	0,010186	1,031518	0,607394
0,08	0,127665	0,000224	0,355957	0,013341	0,58	0,370615	0,010423	1,033357	0,621485
0,09	0,136677	0,000285	0,381087	0,016988	0,59	0,372415	0,010692	1,038375	0,637531
0,10	0,149619	0,000364	0,417172	0,021711	0,60	0,376675	0,011034	1,050253	0,657952
0,11	0,155507	0,000435	0,433588	0,025950	0,61	0,378457	0,011307	1,055221	0,674200
0,12	0,159511	0,000507	0,444751	0,030231	0,62	0,380952	0,011602	1,062178	0,691806
0,13	0,172293	0,000615	0,480392	0,036699	0,63	0,382420	0,011867	1,066271	0,707617
0,14	0,180192	0,000717	0,502415	0,042753	0,64	0,384219	0,012143	1,071287	0,724079
0,15	0,186993	0,000822	0,521377	0,049041	0,65	0,385127	0,012391	1,073819	0,738875
0,16	0,186562	0,000901	0,520177	0,053722	0,66	0,387530	0,012688	1,080520	0,756565
0,17	0,197362	0,001040	0,550288	0,062032	0,67	0,387341	0,012899	1,079991	0,769175
0,18	0,203215	0,001163	0,566609	0,069354	0,68	0,390142	0,013210	1,087802	0,787712
0,19	0,214383	0,001326	0,597748	0,079076	0,69	0,390510	0,013439	1,088827	0,801334
0,20	0,217504	0,001448	0,606449	0,086345	0,70	0,393352	0,013752	1,096751	0,820024
0,21	0,224596	0,001603	0,626223	0,095598	0,71	0,394474	0,014006	1,099879	0,835135
0,22	0,228734	0,001745	0,637762	0,104031	0,72	0,395234	0,014245	1,101999	0,849412
0,23	0,233044	0,001893	0,649777	0,112900	0,73	0,394647	0,014434	1,100364	0,860663
0,24	0,239215	0,002064	0,666984	0,123091	0,74	0,396068	0,014694	1,104325	0,876172
0,25	0,244736	0,002237	0,682377	0,133405	0,75	0,398239	0,014981	1,110377	0,893297
0,26	0,249660	0,002412	0,696108	0,143816	0,76	0,397832	0,015169	1,109244	0,904534
0,27	0,255327	0,002601	0,711908	0,155081	0,77	0,397452	0,015355	1,108183	0,915633
0,28	0,261354	0,002801	0,728713	0,167027	0,78	0,399430	0,015631	1,113700	0,932034
0,29	0,267486	0,003011	0,745811	0,179519	0,79	0,399060	0,015811	1,112667	0,942809
0,30	0,271774	0,003206	0,757766	0,191196	0,80	0,398732	0,015990	1,111752	0,953463
0,31	0,277866	0,003431	0,774753	0,204565	0,81	0,398451	0,016167	1,110968	0,963998
0,32	0,282265	0,003641	0,787017	0,217113	0,82	0,400333	0,016428	1,116217	0,979590
0,33	0,285348	0,003840	0,795615	0,228974	0,83	0,400114	0,016600	1,115606	0,989847
0,34	0,289784	0,004063	0,807980	0,242244	0,84	0,399957	0,016770	1,115170	1,000000
0,35	0,295165	0,004305	0,822984	0,256704	0,85	0,399868	0,016939	1,114920	1,010051
0,36	0,298229	0,004520	0,831528	0,269502	0,86	0,399850	0,017106	1,114872	1,020002
0,37	0,304903	0,004796	0,850137	0,285955	0,87	0,398002	0,017189	1,109716	1,024941
0,38	0,306825	0,005003	0,855496	0,298304	0,88	0,396297	0,017271	1,104964	1,029857
0,39	0,311901	0,005266	0,869649	0,314014	0,89	0,394740	0,017353	1,100621	1,034750
0,40	0,315872	0,005517	0,880721	0,328976	0,90	0,393332	0,017435	1,096696	1,039619
0,41	0,320238	0,005780	0,892894	0,344684	0,91	0,392078	0,017516	1,093199	1,044466
0,42	0,324276	0,006044	0,904154	0,360375	0,92	0,390983	0,017597	1,090147	1,049290
0,43	0,325783	0,006263	0,908354	0,373484	0,93	0,390055	0,017678	1,087559	1,054093
0,44	0,329421	0,006528	0,918497	0,389249	0,94	0,387545	0,017678	1,080562	1,054093
0,45	0,333296	0,006802	0,929302	0,405589	0,95	0,383498	0,017597	1,069278	1,049290
0,46	0,338699	0,007113	0,944369	0,424139	0,96	0,378814	0,017475	1,056217	1,042045
0,47	0,341492	0,007374	0,952155	0,439730	0,97	0,375269	0,017394	1,046334	1,037187
0,48	0,342920	0,007609	0,956137	0,453727	0,98	0,371131	0,017271	1,034796	1,029857
0,49	0,347350	0,007914	0,968490	0,471914	0,99	0,364662	0,017023	1,016759	1,015038
0,50	0,351067	0,008208	0,978853	0,489426	1,00	0,358652	0,016770	1,000000	1,000000

Quadro 5B- Valores de velocidades (V) e vazões (Q) para cada relação y/D na declividade de 0,20% e diâmetro de 200 mm.

y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado	y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado
0,01	0,072764	0,000004	0,113958	0,000193	0,51	0,633225	0,009696	0,991717	0,508485
0,02	0,096549	0,000014	0,151209	0,000722	0,52	0,637579	0,010005	0,998535	0,524688
0,03	0,133658	0,000035	0,209326	0,001830	0,53	0,641162	0,010305	1,004147	0,540406
0,04	0,139207	0,000056	0,218018	0,002925	0,54	0,646020	0,010628	1,011755	0,557351
0,05	0,161381	0,000090	0,252744	0,004725	0,55	0,651950	0,010973	1,021042	0,575414
0,06	0,188114	0,000138	0,294611	0,007217	0,56	0,655298	0,011277	1,026285	0,591356
0,07	0,191938	0,000176	0,300601	0,009250	0,57	0,664696	0,011689	1,041005	0,612980
0,08	0,220438	0,000247	0,345236	0,012939	0,58	0,665123	0,011947	1,041674	0,626486
0,09	0,247102	0,000329	0,386995	0,017252	0,59	0,668299	0,012254	1,046646	0,642609
0,10	0,259224	0,000403	0,405980	0,021129	0,60	0,675300	0,012634	1,057611	0,662562
0,11	0,276078	0,000493	0,432376	0,025877	0,61	0,676026	0,012899	1,058748	0,676453
0,12	0,286479	0,000582	0,448665	0,030497	0,62	0,679147	0,013210	1,063636	0,692756
0,13	0,292858	0,000668	0,458655	0,035038	0,63	0,684376	0,013564	1,071826	0,711303
0,14	0,307015	0,000780	0,480828	0,040916	0,64	0,685416	0,013835	1,073454	0,725544
0,15	0,320720	0,000901	0,502291	0,047246	0,65	0,687404	0,014126	1,076569	0,740767
0,16	0,341480	0,001053	0,534805	0,055232	0,66	0,690244	0,014434	1,081016	0,756913
0,17	0,345484	0,001163	0,541075	0,060994	0,67	0,693847	0,014758	1,086659	0,773924
0,18	0,362776	0,001326	0,568156	0,069544	0,68	0,697097	0,015075	1,091748	0,790569
0,19	0,383844	0,001516	0,601151	0,079526	0,69	0,698635	0,015355	1,094157	0,805256
0,20	0,386836	0,001645	0,605837	0,086258	0,70	0,704056	0,015721	1,102647	0,824432
0,21	0,403372	0,001839	0,631735	0,096440	0,71	0,709046	0,016078	1,110463	0,843171
0,22	0,413534	0,002015	0,647650	0,105644	0,72	0,709892	0,016341	1,111788	0,856957
0,23	0,419332	0,002176	0,656732	0,114109	0,73	0,710648	0,016600	1,112972	0,870524
0,24	0,429900	0,002369	0,673282	0,124254	0,74	0,711334	0,016855	1,114045	0,883883
0,25	0,440966	0,002575	0,690612	0,135015	0,75	0,711965	0,017106	1,115034	0,897044
0,26	0,450053	0,002777	0,704843	0,145621	0,76	0,712559	0,017353	1,115964	0,910014
0,27	0,459298	0,002988	0,719322	0,156696	0,77	0,716394	0,017678	1,121970	0,927025
0,28	0,468417	0,003206	0,733605	0,168148	0,78	0,716872	0,017917	1,122718	0,939581
0,29	0,479972	0,003450	0,751701	0,180937	0,79	0,717358	0,018153	1,123480	0,951972
0,30	0,488103	0,003678	0,764436	0,192879	0,80	0,717866	0,018386	1,124276	0,964203
0,31	0,495822	0,003910	0,776525	0,205033	0,81	0,715457	0,018540	1,120503	0,972272
0,32	0,503102	0,004145	0,787926	0,217364	0,82	0,716112	0,018769	1,121529	0,984251
0,33	0,515296	0,004429	0,807023	0,232257	0,83	0,716820	0,018994	1,122638	0,996086
0,34	0,521215	0,004667	0,816294	0,244736	0,84	0,717593	0,019217	1,123848	1,007782
0,35	0,528252	0,004921	0,827314	0,258055	0,85	0,715737	0,019365	1,120941	1,015505
0,36	0,537387	0,005202	0,841620	0,272772	0,86	0,716731	0,019584	1,122498	1,026980
0,37	0,543074	0,005455	0,850527	0,286086	0,87	0,715219	0,019728	1,120130	1,034559
0,38	0,552839	0,005757	0,865820	0,301904	0,88	0,711339	0,019800	1,114053	1,038328
0,39	0,560444	0,006044	0,877731	0,316933	0,89	0,707743	0,019872	1,108422	1,042083
0,40	0,566293	0,006317	0,886892	0,331281	0,90	0,704436	0,019943	1,103242	1,045825
0,41	0,570702	0,006579	0,893797	0,345033	0,91	0,701423	0,020014	1,098524	1,049553
0,42	0,578066	0,006881	0,905330	0,360844	0,92	0,698713	0,020085	1,094280	1,053269
0,43	0,583890	0,007170	0,914452	0,375991	0,93	0,696318	0,020155	1,090529	1,056971
0,44	0,595567	0,007538	0,932739	0,395285	0,94	0,694253	0,020226	1,087295	1,060660
0,45	0,601912	0,007846	0,942676	0,411425	0,95	0,687747	0,020155	1,077105	1,056971
0,46	0,603893	0,008100	0,945778	0,424772	0,96	0,681673	0,020085	1,067593	1,053269
0,47	0,613926	0,008467	0,961491	0,444041	0,97	0,676065	0,020014	1,058809	1,049553
0,48	0,619610	0,008781	0,970394	0,460493	0,98	0,668576	0,019872	1,047081	1,042083
0,49	0,624241	0,009084	0,977647	0,476376	0,99	0,654416	0,019511	1,024904	1,023169
0,50	0,627975	0,009377	0,983495	0,491747	1,00	0,638514	0,019069	1,000000	1,000000

Quadro 6B- Valores de velocidades (V) e vazões (Q) para cada relação y/D na declividade de 0,15% e diâmetro de 200 mm.

y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado	y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado
0,01	0,053963	0,000003	0,098884	0,000167	0,51	0,547731	0,008387	1,003682	0,514619
0,02	0,079533	0,000011	0,145739	0,000696	0,52	0,554641	0,008704	1,016344	0,534046
0,03	0,104485	0,000027	0,191462	0,001674	0,53	0,555852	0,008934	1,018562	0,548164
0,04	0,129812	0,000052	0,237871	0,003192	0,54	0,561142	0,009232	1,028257	0,566441
0,05	0,145839	0,000081	0,267241	0,004996	0,55	0,565661	0,009520	1,036538	0,584147
0,06	0,158985	0,000116	0,291330	0,007136	0,56	0,569513	0,009800	1,043596	0,601331
0,07	0,183403	0,000169	0,336074	0,010342	0,57	0,572787	0,010073	1,049595	0,618038
0,08	0,194685	0,000218	0,356748	0,013370	0,58	0,579190	0,010403	1,061328	0,638307
0,09	0,204886	0,000273	0,375441	0,016737	0,59	0,581365	0,010660	1,065313	0,654070
0,10	0,224495	0,000349	0,411372	0,021409	0,60	0,586477	0,010973	1,074680	0,673255
0,11	0,234621	0,000419	0,429929	0,025731	0,61	0,587831	0,011216	1,077161	0,688218
0,12	0,243086	0,000493	0,445439	0,030278	0,62	0,588918	0,011455	1,079154	0,702863
0,13	0,249750	0,000570	0,457651	0,034962	0,63	0,589775	0,011689	1,080724	0,717208
0,14	0,266866	0,000678	0,489015	0,041613	0,64	0,596030	0,012031	1,092186	0,738204
0,15	0,292129	0,000821	0,535308	0,050351	0,65	0,598998	0,012309	1,097625	0,755255
0,16	0,294526	0,000908	0,539700	0,055738	0,66	0,601638	0,012581	1,102463	0,771929
0,17	0,312580	0,001052	0,572782	0,064568	0,67	0,601511	0,012794	1,102230	0,785014
0,18	0,318175	0,001163	0,583036	0,071365	0,68	0,606094	0,013107	1,110628	0,804241
0,19	0,325169	0,001285	0,595852	0,078825	0,69	0,607979	0,013363	1,114082	0,819920
0,20	0,335010	0,001424	0,613883	0,087404	0,70	0,611896	0,013663	1,121259	0,838348
0,21	0,344169	0,001569	0,630667	0,096276	0,71	0,613356	0,013909	1,123934	0,853400
0,22	0,354129	0,001725	0,648919	0,105851	0,72	0,614681	0,014150	1,126363	0,868191
0,23	0,361419	0,001875	0,662277	0,115072	0,73	0,615893	0,014387	1,128583	0,882735
0,24	0,371556	0,002048	0,680852	0,125651	0,74	0,617010	0,014620	1,130631	0,897043
0,25	0,383184	0,002237	0,702160	0,137273	0,75	0,618051	0,014849	1,132538	0,911126
0,26	0,390895	0,002412	0,716290	0,147985	0,76	0,619952	0,015098	1,136022	0,926370
0,27	0,399767	0,002601	0,732548	0,159577	0,77	0,620863	0,015320	1,137691	0,940014
0,28	0,405661	0,002777	0,743348	0,170381	0,78	0,620873	0,015518	1,137709	0,952126
0,29	0,412507	0,002965	0,755892	0,181945	0,79	0,620910	0,015713	1,137778	0,964086
0,30	0,422710	0,003185	0,774588	0,195441	0,80	0,620819	0,015901	1,137610	0,975639
0,31	0,430027	0,003391	0,787997	0,208063	0,81	0,622159	0,016123	1,140066	0,989247
0,32	0,435127	0,003585	0,797342	0,219961	0,82	0,622501	0,016315	1,140692	1,001069
0,33	0,444718	0,003822	0,814917	0,234529	0,83	0,622249	0,016488	1,140231	1,011696
0,34	0,449982	0,004029	0,824562	0,247215	0,84	0,622091	0,016660	1,139941	1,022213
0,35	0,458755	0,004273	0,840640	0,262211	0,85	0,619846	0,016770	1,135828	1,028992
0,36	0,465390	0,004505	0,852798	0,276395	0,86	0,619941	0,016939	1,136001	1,039333
0,37	0,470316	0,004725	0,861823	0,289886	0,87	0,618644	0,017064	1,133624	1,047023
0,38	0,480398	0,005003	0,880298	0,306952	0,88	0,617524	0,017189	1,131572	1,054656
0,39	0,482353	0,005202	0,883881	0,319153	0,89	0,615124	0,017271	1,127175	1,059714
0,40	0,489037	0,005455	0,896129	0,334731	0,90	0,612958	0,017353	1,123205	1,064749
0,41	0,499364	0,005757	0,915053	0,353238	0,91	0,611030	0,017435	1,119673	1,069759
0,42	0,502998	0,005987	0,921712	0,367373	0,92	0,609350	0,017516	1,116594	1,074747
0,43	0,505664	0,006209	0,926596	0,380984	0,93	0,606533	0,017557	1,111433	1,077232
0,44	0,511666	0,006476	0,937595	0,397343	0,94	0,601241	0,017516	1,101735	1,074747
0,45	0,520315	0,006782	0,953444	0,416125	0,95	0,594912	0,017435	1,090137	1,069759
0,46	0,523884	0,007027	0,959984	0,431153	0,96	0,588959	0,017353	1,079229	1,064749
0,47	0,530001	0,007310	0,971192	0,448521	0,97	0,583409	0,017271	1,069060	1,059714
0,48	0,535027	0,007582	0,980402	0,465242	0,98	0,575522	0,017106	1,054607	1,049573
0,49	0,542084	0,007888	0,993334	0,484020	0,99	0,565329	0,016855	1,035929	1,034175
0,50	0,545235	0,008142	0,999108	0,499554	1,00	0,545722	0,016298	1,000000	1,000000

Quadro 7B- Valores de velocidades (V) e vazões (Q) para cada relação y/D na declividade de 0,10% e diâmetro de 200 mm.

y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado	y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado
0,01	0,030871	0,000002	0,096481	0,000163	0,51	0,316840	0,004852	0,990222	0,507718
0,02	0,044694	0,000006	0,139681	0,000667	0,52	0,318789	0,005003	0,996313	0,523521
0,03	0,059774	0,000016	0,186811	0,001633	0,53	0,322819	0,005188	1,008908	0,542969
0,04	0,071101	0,000028	0,222211	0,002981	0,54	0,323976	0,005330	1,012522	0,557773
0,05	0,080690	0,000045	0,252182	0,004714	0,55	0,326341	0,005492	1,019914	0,574779
0,06	0,094057	0,000069	0,293956	0,007201	0,56	0,330426	0,005686	1,032680	0,595041
0,07	0,102818	0,000094	0,321337	0,009888	0,57	0,331359	0,005827	1,035599	0,609797
0,08	0,113834	0,000127	0,355765	0,013333	0,58	0,333349	0,005987	1,041816	0,626572
0,09	0,120423	0,000160	0,376357	0,016777	0,59	0,335651	0,006155	1,049011	0,644061
0,10	0,127434	0,000198	0,398269	0,020728	0,60	0,338222	0,006328	1,057046	0,662207
0,11	0,136497	0,000244	0,426594	0,025531	0,61	0,338836	0,006465	1,058966	0,676593
0,12	0,146076	0,000297	0,456533	0,031032	0,62	0,340887	0,006631	1,065375	0,693889
0,13	0,152940	0,000349	0,477984	0,036515	0,63	0,339663	0,006732	1,061549	0,704483
0,14	0,158542	0,000403	0,495492	0,042164	0,64	0,343313	0,006930	1,072957	0,725208
0,15	0,165619	0,000465	0,517609	0,048686	0,65	0,346140	0,007113	1,081793	0,744362
0,16	0,172810	0,000533	0,540083	0,055777	0,66	0,348246	0,007282	1,088373	0,762063
0,17	0,182813	0,000615	0,571346	0,064406	0,67	0,347999	0,007402	1,087604	0,774597
0,18	0,188235	0,000688	0,588292	0,072008	0,68	0,350617	0,007582	1,095784	0,793492
0,19	0,188505	0,000745	0,589134	0,077936	0,69	0,351814	0,007733	1,099524	0,809206
0,20	0,197248	0,000839	0,616461	0,087771	0,70	0,351739	0,007854	1,099290	0,821922
0,21	0,205680	0,000938	0,642813	0,098131	0,71	0,354616	0,008041	1,108282	0,841515
0,22	0,206767	0,001007	0,646209	0,105409	0,72	0,355126	0,008175	1,109876	0,855483
0,23	0,212640	0,001103	0,664566	0,115470	0,73	0,355237	0,008298	1,110223	0,868374
0,24	0,221330	0,001220	0,691723	0,127657	0,74	0,356682	0,008451	1,114738	0,884433
0,25	0,222721	0,001300	0,696072	0,136083	0,75	0,357379	0,008586	1,116917	0,898559
0,26	0,227539	0,001404	0,711128	0,146919	0,76	0,357717	0,008712	1,117974	0,911653
0,27	0,229649	0,001494	0,717722	0,156347	0,77	0,357421	0,008820	1,117048	0,922958
0,28	0,234209	0,001603	0,731973	0,167774	0,78	0,357453	0,008934	1,117148	0,934919
0,29	0,239986	0,001725	0,750029	0,180534	0,79	0,358973	0,009084	1,121901	0,950633
0,30	0,244052	0,001839	0,762735	0,192450	0,80	0,359005	0,009195	1,121999	0,962250
0,31	0,249006	0,001964	0,778218	0,205480	0,81	0,359624	0,009319	1,123934	0,975249
0,32	0,252539	0,002081	0,789262	0,217732	0,82	0,359154	0,009413	1,122466	0,985074
0,33	0,256758	0,002207	0,802446	0,230940	0,83	0,356861	0,009456	1,115300	0,989575
0,34	0,259797	0,002326	0,811944	0,243432	0,84	0,356026	0,009535	1,112689	0,997775
0,35	0,266037	0,002478	0,831447	0,259344	0,85	0,355797	0,009626	1,111973	1,007380
0,36	0,268693	0,002601	0,839748	0,272166	0,86	0,357416	0,009766	1,117034	1,021981
0,37	0,271537	0,002728	0,848635	0,285450	0,87	0,357547	0,009862	1,117443	1,032078
0,38	0,275855	0,002873	0,862129	0,300617	0,88	0,356527	0,009924	1,114256	1,038517
0,39	0,281258	0,003033	0,879016	0,317397	0,89	0,355384	0,009978	1,110682	1,044208
0,40	0,283626	0,003164	0,886418	0,331104	0,90	0,354368	0,010032	1,107507	1,049868
0,41	0,285351	0,003290	0,891809	0,344265	0,91	0,353014	0,010073	1,103275	1,054093
0,42	0,291500	0,003470	0,911026	0,363114	0,92	0,351576	0,010106	1,098780	1,057600
0,43	0,295002	0,003622	0,921972	0,379083	0,93	0,349605	0,010120	1,092623	1,059000
0,44	0,297783	0,003769	0,930664	0,394405	0,94	0,347585	0,010126	1,086310	1,059699
0,45	0,301286	0,003927	0,941611	0,410961	0,95	0,344160	0,010086	1,075603	1,055497
0,46	0,302879	0,004063	0,946588	0,425136	0,96	0,341636	0,010066	1,067715	1,053390
0,47	0,306383	0,004226	0,957540	0,442217	0,97	0,337975	0,010005	1,056275	1,047042
0,48	0,307076	0,004352	0,959704	0,455420	0,98	0,334345	0,009937	1,044930	1,039943
0,49	0,310582	0,004520	0,970663	0,472973	0,99	0,328716	0,009800	1,027337	1,025598
0,50	0,313504	0,004681	0,979796	0,489898	1,00	0,319969	0,009556	1,000000	1,000000

Quadro 8B- Valores de velocidades (V) e vazões (Q) para cada relação y/D na declividade de 0,05% e diâmetro de 200 mm.

y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado	y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado
0,01	0,046020	0,000002	0,100955	0,000171	0,51	0,449366	0,006881	0,985788	0,505445
0,02	0,065787	0,000009	0,144320	0,000689	0,52	0,453267	0,007113	0,994346	0,522487
0,03	0,083350	0,000022	0,182848	0,001598	0,53	0,455387	0,007319	0,998997	0,537635
0,04	0,104657	0,000042	0,229590	0,003080	0,54	0,458171	0,007538	1,005104	0,553687
0,05	0,114113	0,000064	0,250334	0,004680	0,55	0,460998	0,007759	1,011307	0,569928
0,06	0,133016	0,000097	0,291802	0,007148	0,56	0,465824	0,008016	1,021893	0,588825
0,07	0,144301	0,000133	0,316557	0,009741	0,57	0,467679	0,008224	1,025962	0,604122
0,08	0,150588	0,000169	0,330349	0,012381	0,58	0,470536	0,008451	1,032231	0,620807
0,09	0,168048	0,000224	0,368651	0,016434	0,59	0,474682	0,008704	1,041326	0,639343
0,10	0,181765	0,000283	0,398745	0,020752	0,60	0,477509	0,008934	1,047528	0,656245
0,11	0,194129	0,000347	0,425868	0,025488	0,61	0,478022	0,009121	1,048653	0,670004
0,12	0,198479	0,000403	0,435409	0,029596	0,62	0,480229	0,009341	1,053495	0,686151
0,13	0,213265	0,000487	0,467846	0,035740	0,63	0,483927	0,009591	1,061607	0,704521
0,14	0,219492	0,000558	0,481506	0,040974	0,64	0,485518	0,009800	1,065096	0,719895
0,15	0,234221	0,000658	0,513817	0,048330	0,65	0,490170	0,010073	1,075303	0,739895
0,16	0,241463	0,000745	0,529705	0,054706	0,66	0,492179	0,010292	1,079710	0,755998
0,17	0,253878	0,000855	0,556940	0,062782	0,67	0,493662	0,010500	1,082963	0,771291
0,18	0,254540	0,000930	0,558393	0,068349	0,68	0,492922	0,010660	1,081339	0,783032
0,19	0,263315	0,001040	0,577642	0,076416	0,69	0,495000	0,010880	1,085899	0,799178
0,20	0,278951	0,001186	0,611944	0,087128	0,70	0,498251	0,011126	1,093030	0,817241
0,21	0,287982	0,001313	0,631756	0,096443	0,71	0,499926	0,011336	1,096705	0,832725
0,22	0,287498	0,001401	0,630693	0,102878	0,72	0,501206	0,011538	1,099512	0,847495
0,23	0,292246	0,001516	0,641110	0,111395	0,73	0,499163	0,011660	1,095030	0,856491
0,24	0,303619	0,001673	0,666058	0,122921	0,74	0,500588	0,011861	1,098156	0,871277
0,25	0,311810	0,001821	0,684027	0,133728	0,75	0,503086	0,012087	1,103637	0,887875
0,26	0,318235	0,001964	0,698123	0,144232	0,76	0,505437	0,012309	1,108794	0,904167
0,27	0,324772	0,002113	0,712464	0,155202	0,77	0,505469	0,012473	1,108865	0,916197
0,28	0,331221	0,002267	0,726610	0,166545	0,78	0,506584	0,012661	1,111310	0,930034
0,29	0,339391	0,002440	0,744534	0,179212	0,79	0,504535	0,012768	1,106814	0,937850
0,30	0,345141	0,002601	0,757147	0,191040	0,80	0,507710	0,013004	1,113779	0,955201
0,31	0,352147	0,002777	0,772517	0,203975	0,81	0,505805	0,013107	1,109601	0,962812
0,32	0,357145	0,002942	0,783480	0,216137	0,82	0,507921	0,013312	1,114243	0,977857
0,33	0,363111	0,003121	0,796568	0,229248	0,83	0,507153	0,013439	1,112559	0,987144
0,34	0,367408	0,003290	0,805996	0,241649	0,84	0,505553	0,013539	1,109048	0,994510
0,35	0,374572	0,003489	0,821712	0,256307	0,85	0,505006	0,013663	1,107847	1,003643
0,36	0,378085	0,003660	0,829417	0,268817	0,86	0,503307	0,013752	1,104122	1,010167
0,37	0,384011	0,003858	0,842418	0,283358	0,87	0,503357	0,013884	1,104231	1,019875
0,38	0,391713	0,004079	0,859313	0,299635	0,88	0,503166	0,014006	1,103812	1,028783
0,39	0,396294	0,004273	0,869363	0,313911	0,89	0,503612	0,014140	1,104789	1,038668
0,40	0,402461	0,004490	0,882891	0,329786	0,90	0,501488	0,014197	1,100132	1,042876
0,41	0,406187	0,004683	0,891066	0,343978	0,91	0,498404	0,014221	1,093365	1,044625
0,42	0,408755	0,004866	0,896698	0,357403	0,92	0,495554	0,014245	1,087113	1,046370
0,43	0,413958	0,005083	0,908113	0,373385	0,93	0,493763	0,014292	1,083184	1,049852
0,44	0,420126	0,005317	0,921643	0,390583	0,94	0,491398	0,014316	1,077996	1,051589
0,45	0,423271	0,005517	0,928543	0,405257	0,95	0,486068	0,014245	1,066303	1,046370
0,46	0,430087	0,005769	0,943496	0,423748	0,96	0,481854	0,014197	1,057059	1,042876
0,47	0,434111	0,005987	0,952324	0,439808	0,97	0,477969	0,014150	1,048537	1,039371
0,48	0,437361	0,006198	0,959454	0,455301	0,98	0,473645	0,014078	1,039050	1,034090
0,49	0,441405	0,006423	0,968325	0,471834	0,99	0,464875	0,013860	1,019811	1,018085
0,50	0,445410	0,006651	0,977110	0,488555	1,00	0,455844	0,013614	1,000000	1,000000

Quadro 9B- Valores de velocidades (V) e vazões (Q) para cada relação y/D na declividade de 0,20% e diâmetro de 150 mm.

y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado	y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado
0,01	0,060811	0,000002	0,108824	0,000184	0,51	0,516735	0,004429	0,924728	0,474137
0,02	0,085175	0,000007	0,152426	0,000727	0,52	0,528001	0,004638	0,944889	0,496499
0,03	0,120872	0,000018	0,216308	0,001891	0,53	0,542385	0,004879	0,970630	0,522368
0,04	0,144513	0,000032	0,258615	0,003470	0,54	0,543259	0,005003	0,972194	0,535557
0,05	0,163646	0,000051	0,292854	0,005474	0,55	0,545198	0,005136	0,975665	0,549841
0,06	0,193228	0,000079	0,345793	0,008471	0,56	0,545391	0,005253	0,976009	0,562387
0,07	0,198906	0,000102	0,355954	0,010953	0,57	0,547898	0,005393	0,980496	0,577350
0,08	0,214067	0,000134	0,383086	0,014357	0,58	0,548764	0,005517	0,982045	0,590624
0,09	0,229193	0,000171	0,410155	0,018284	0,59	0,549365	0,005638	0,983121	0,603607
0,10	0,236178	0,000205	0,422655	0,021997	0,60	0,557538	0,005839	0,997746	0,625058
0,11	0,261202	0,000261	0,467436	0,027976	0,61	0,556351	0,005942	0,995623	0,636122
0,12	0,277514	0,000315	0,496627	0,033757	0,62	0,570308	0,006209	1,020600	0,664726
0,13	0,281500	0,000359	0,503761	0,038484	0,63	0,566546	0,006285	1,013867	0,672840
0,14	0,304041	0,000432	0,544099	0,046300	0,64	0,577763	0,006528	1,033940	0,698836
0,15	0,305347	0,000480	0,546437	0,051398	0,65	0,579124	0,006661	1,036376	0,713111
0,16	0,307648	0,000531	0,550555	0,056859	0,66	0,581131	0,006802	1,039967	0,728171
0,17	0,326631	0,000615	0,584526	0,065892	0,67	0,585351	0,006969	1,047520	0,746049
0,18	0,328129	0,000671	0,587206	0,071875	0,68	0,588399	0,007122	1,052975	0,762493
0,19	0,332727	0,000736	0,595435	0,078770	0,69	0,591164	0,007273	1,057923	0,778589
0,20	0,341292	0,000812	0,610762	0,086959	0,70	0,592221	0,007402	1,059813	0,792406
0,21	0,353045	0,000901	0,631794	0,096449	0,71	0,594571	0,007547	1,064019	0,807907
0,22	0,356876	0,000973	0,638651	0,104176	0,72	0,595363	0,007671	1,065437	0,821230
0,23	0,369192	0,001072	0,660691	0,114797	0,73	0,596075	0,007794	1,066711	0,834340
0,24	0,367471	0,001134	0,657611	0,121362	0,74	0,598010	0,007931	1,070174	0,849076
0,25	0,373268	0,001220	0,667986	0,130592	0,75	0,602309	0,008100	1,077868	0,867144
0,26	0,383986	0,001326	0,687166	0,141968	0,76	0,606348	0,008265	1,085096	0,884842
0,27	0,377924	0,001376	0,676317	0,147328	0,77	0,607831	0,008395	1,087750	0,898750
0,28	0,383976	0,001471	0,687148	0,157500	0,78	0,610387	0,008539	1,092323	0,914144
0,29	0,393168	0,001582	0,703598	0,169358	0,79	0,610630	0,008649	1,092758	0,925940
0,30	0,399613	0,001685	0,715131	0,180439	0,80	0,611976	0,008773	1,095168	0,939239
0,31	0,416653	0,001839	0,745626	0,196875	0,81	0,612782	0,008888	1,096609	0,951539
0,32	0,429508	0,001981	0,768630	0,212041	0,82	0,612071	0,008979	1,095337	0,961265
0,33	0,439185	0,002113	0,785948	0,226192	0,83	0,609950	0,009047	1,091542	0,968496
0,34	0,440325	0,002207	0,787988	0,236250	0,84	0,608983	0,009129	1,089812	0,977261
0,35	0,446131	0,002326	0,798378	0,249029	0,85	0,607662	0,009202	1,087447	0,985161
0,36	0,450315	0,002440	0,805865	0,261184	0,86	0,607447	0,009290	1,087062	0,994559
0,37	0,453196	0,002548	0,811022	0,272798	0,87	0,607357	0,009377	1,086900	1,003868
0,38	0,455025	0,002652	0,814294	0,283937	0,88	0,605101	0,009428	1,082864	1,009259
0,39	0,455998	0,002752	0,816035	0,294655	0,89	0,603514	0,009485	1,080024	1,015386
0,40	0,467540	0,002919	0,836691	0,312529	0,90	0,600791	0,009520	1,075151	1,019196
0,41	0,473454	0,003055	0,847273	0,327073	0,91	0,598317	0,009556	1,070723	1,022992
0,42	0,478071	0,003185	0,855536	0,340997	0,92	0,595221	0,009577	1,065183	1,025262
0,43	0,478633	0,003290	0,856542	0,352180	0,93	0,592409	0,009598	1,060151	1,027528
0,44	0,481475	0,003411	0,861627	0,365148	0,94	0,590324	0,009626	1,056420	1,030541
0,45	0,488775	0,003566	0,874692	0,381754	0,95	0,588544	0,009654	1,053234	1,033546
0,46	0,492343	0,003696	0,881077	0,395713	0,96	0,582842	0,009612	1,043030	1,029036
0,47	0,501947	0,003875	0,898263	0,414841	0,97	0,577539	0,009570	1,033541	1,024506
0,48	0,507914	0,004029	0,908942	0,431331	0,98	0,570544	0,009492	1,021022	1,016149
0,49	0,516823	0,004210	0,924884	0,450667	0,99	0,566644	0,009456	1,014043	1,012327
0,50	0,515068	0,004305	0,921744	0,460872	1,00	0,558797	0,009341	1,000000	1,000000

Quadro 10B- Valores de velocidades (V) e vazões (Q) para cada relação y/D na declividade de 0,15% e diâmetro de 150 mm.

y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado	y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado
0,01	0,046673	0,000001	0,097330	0,000165	0,51	0,468120	0,004012	0,976195	0,500526
0,02	0,076401	0,000006	0,159324	0,000760	0,52	0,470026	0,004129	0,980168	0,515037
0,03	0,093239	0,000014	0,194435	0,001700	0,53	0,473264	0,004258	0,986922	0,531136
0,04	0,108083	0,000024	0,225390	0,003024	0,54	0,475954	0,004383	0,992531	0,546761
0,05	0,141173	0,000044	0,294395	0,005503	0,55	0,479762	0,004520	1,000472	0,563822
0,06	0,132176	0,000054	0,275634	0,006752	0,56	0,483006	0,004652	1,007238	0,580381
0,07	0,149888	0,000077	0,312570	0,009618	0,57	0,488628	0,004810	1,018962	0,600000
0,08	0,168256	0,000105	0,350872	0,013150	0,58	0,493549	0,004962	1,029222	0,618997
0,09	0,168977	0,000126	0,352376	0,015708	0,59	0,493974	0,005070	1,030109	0,632456
0,10	0,190287	0,000166	0,396816	0,020652	0,60	0,497934	0,005215	1,038367	0,650506
0,11	0,200421	0,000201	0,417947	0,025014	0,61	0,501414	0,005355	1,045625	0,668069
0,12	0,208838	0,000237	0,435499	0,029602	0,62	0,502207	0,005468	1,047279	0,682102
0,13	0,215722	0,000275	0,449855	0,034366	0,63	0,504996	0,005602	1,053093	0,698871
0,14	0,227245	0,000323	0,473885	0,040325	0,64	0,505362	0,005710	1,053857	0,712298
0,15	0,241748	0,000380	0,504129	0,047418	0,65	0,509626	0,005862	1,062748	0,731257
0,16	0,249090	0,000430	0,519440	0,053645	0,66	0,513471	0,006010	1,070768	0,749737
0,17	0,259518	0,000489	0,541187	0,061006	0,67	0,516026	0,006144	1,076094	0,766400
0,18	0,267685	0,000548	0,558216	0,068327	0,68	0,514751	0,006231	1,073437	0,777310
0,19	0,276583	0,000612	0,576773	0,076301	0,69	0,518684	0,006381	1,081638	0,796043
0,20	0,282024	0,000671	0,588118	0,083735	0,70	0,519796	0,006497	1,083958	0,810458
0,21	0,293756	0,000750	0,612585	0,093516	0,71	0,522401	0,006631	1,089390	0,827170
0,22	0,300671	0,000820	0,627004	0,102277	0,72	0,523247	0,006742	1,091153	0,841052
0,23	0,310261	0,000901	0,647002	0,112418	0,73	0,524013	0,006851	1,092751	0,854708
0,24	0,318319	0,000982	0,663807	0,122505	0,74	0,524715	0,006959	1,094214	0,868150
0,25	0,324124	0,001059	0,675912	0,132142	0,75	0,523940	0,007046	1,092599	0,878995
0,26	0,332623	0,001149	0,693637	0,143305	0,76	0,524593	0,007151	1,093960	0,892070
0,27	0,336036	0,001224	0,700753	0,152651	0,77	0,525217	0,007254	1,095262	0,904957
0,28	0,347773	0,001333	0,725229	0,166228	0,78	0,529100	0,007402	1,103360	0,923381
0,29	0,361006	0,001453	0,752824	0,181207	0,79	0,529617	0,007502	1,104438	0,935836
0,30	0,368052	0,001552	0,767517	0,193657	0,80	0,530142	0,007600	1,105532	0,948128
0,31	0,367978	0,001624	0,767364	0,202614	0,81	0,530685	0,007698	1,106663	0,960263
0,32	0,374097	0,001725	0,780123	0,215211	0,82	0,528882	0,007759	1,102904	0,967906
0,33	0,378420	0,001821	0,789138	0,227110	0,83	0,530121	0,007863	1,105488	0,980870
0,34	0,381333	0,001911	0,795213	0,238416	0,84	0,530241	0,007948	1,105739	0,991543
0,35	0,389567	0,002031	0,812384	0,253398	0,85	0,529324	0,008016	1,103826	1,000000
0,36	0,401628	0,002176	0,837535	0,271448	0,86	0,528532	0,008083	1,102175	1,008386
0,37	0,403234	0,002267	0,840885	0,282843	0,87	0,527333	0,008142	1,099675	1,015667
0,38	0,408939	0,002384	0,852780	0,297357	0,88	0,526817	0,008208	1,098599	1,023924
0,39	0,408766	0,002467	0,852420	0,307794	0,89	0,524881	0,008249	1,094560	1,029052
0,40	0,416518	0,002601	0,868586	0,324443	0,90	0,522109	0,008274	1,088780	1,032116
0,41	0,422702	0,002728	0,881481	0,340279	0,91	0,519052	0,008290	1,082406	1,034154
0,42	0,429378	0,002861	0,895403	0,356887	0,92	0,516742	0,008314	1,077589	1,037203
0,43	0,434740	0,002988	0,906586	0,372756	0,93	0,513669	0,008322	1,071180	1,038217
0,44	0,434383	0,003077	0,905841	0,383886	0,94	0,509366	0,008306	1,062207	1,036187
0,45	0,439493	0,003206	0,916497	0,400000	0,95	0,504365	0,008274	1,051777	1,032116
0,46	0,446320	0,003351	0,930733	0,418015	0,96	0,500178	0,008249	1,043046	1,029052
0,47	0,449460	0,003470	0,937282	0,432861	0,97	0,495835	0,008216	1,033990	1,024952
0,48	0,454292	0,003604	0,947358	0,449561	0,98	0,491875	0,008183	1,025731	1,020836
0,49	0,458273	0,003733	0,955660	0,465663	0,99	0,487376	0,008133	1,016350	1,014630
0,50	0,465707	0,003892	0,971163	0,485582	1,00	0,479536	0,008016	1,000000	1,000000

Quadro 11B- Valores de velocidades (V) e vazões (Q) para cada relação y/D na declividade de 0,10% e diâmetro de 150 mm.

y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado	y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado
0,01	0,036134	0,000001	0,093425	0,000158	0,51	0,380206	0,003259	0,983027	0,504029
0,02	0,059080	0,000005	0,152753	0,000729	0,52	0,383774	0,003371	0,992253	0,521387
0,03	0,072077	0,000011	0,186357	0,001629	0,53	0,387858	0,003489	1,002811	0,539687
0,04	0,097018	0,000022	0,250840	0,003366	0,54	0,389299	0,003585	1,006536	0,554476
0,05	0,104618	0,000033	0,270492	0,005056	0,55	0,394310	0,003715	1,019492	0,574541
0,06	0,109898	0,000045	0,284144	0,006960	0,56	0,394989	0,003805	1,021248	0,588454
0,07	0,123563	0,000064	0,319473	0,009831	0,57	0,397210	0,003910	1,026991	0,604728
0,08	0,129303	0,000081	0,334313	0,012529	0,58	0,399087	0,004012	1,031845	0,620575
0,09	0,137145	0,000102	0,354590	0,015807	0,59	0,402265	0,004129	1,040062	0,638566
0,10	0,146119	0,000127	0,377792	0,019662	0,60	0,406562	0,004258	1,051170	0,658526
0,11	0,165089	0,000165	0,426838	0,025546	0,61	0,408920	0,004367	1,057268	0,675508
0,12	0,165800	0,000188	0,428678	0,029138	0,62	0,409587	0,004459	1,058991	0,689730
0,13	0,182158	0,000233	0,470972	0,035979	0,63	0,412771	0,004579	1,067225	0,708250
0,14	0,182976	0,000260	0,473086	0,040257	0,64	0,415612	0,004696	1,074570	0,726298
0,15	0,200400	0,000315	0,518137	0,048736	0,65	0,416926	0,004796	1,077967	0,741729
0,16	0,200277	0,000346	0,517818	0,053478	0,66	0,416886	0,004879	1,077863	0,754705
0,17	0,207192	0,000390	0,535698	0,060388	0,67	0,420199	0,005003	1,086430	0,773761
0,18	0,220156	0,000450	0,569216	0,069673	0,68	0,421024	0,005096	1,088564	0,788263
0,19	0,223948	0,000495	0,579020	0,076598	0,69	0,422800	0,005202	1,093154	0,804518
0,20	0,236549	0,000563	0,611600	0,087079	0,70	0,426448	0,005330	1,102585	0,824386
0,21	0,237438	0,000606	0,613900	0,093717	0,71	0,425882	0,005406	1,101123	0,836080
0,22	0,245034	0,000668	0,633537	0,103342	0,72	0,427229	0,005505	1,104607	0,851422
0,23	0,259518	0,000754	0,670987	0,116586	0,73	0,426620	0,005578	1,103032	0,862749
0,24	0,263912	0,000814	0,682349	0,125927	0,74	0,428727	0,005686	1,108479	0,879467
0,25	0,270310	0,000883	0,698890	0,136634	0,75	0,427212	0,005745	1,104562	0,888619
0,26	0,277079	0,000957	0,716392	0,148006	0,76	0,430870	0,005873	1,114020	0,908429
0,27	0,281793	0,001026	0,728580	0,158713	0,77	0,431037	0,005953	1,114452	0,920813
0,28	0,285434	0,001094	0,737992	0,169154	0,78	0,431208	0,006032	1,114894	0,933033
0,29	0,289063	0,001163	0,747376	0,179896	0,79	0,432950	0,006132	1,119398	0,948513
0,30	0,295719	0,001247	0,764584	0,192917	0,80	0,433113	0,006209	1,119818	0,960380
0,31	0,300453	0,001326	0,776825	0,205113	0,81	0,431816	0,006263	1,116465	0,968768
0,32	0,308900	0,001424	0,798665	0,220326	0,82	0,432073	0,006339	1,117129	0,980390
0,33	0,310551	0,001494	0,802933	0,231080	0,83	0,431656	0,006402	1,116053	0,990244
0,34	0,315652	0,001582	0,816122	0,244685	0,84	0,429917	0,006444	1,111555	0,996759
0,35	0,315462	0,001645	0,815632	0,254411	0,85	0,429682	0,006507	1,110948	1,006452
0,36	0,318421	0,001725	0,823281	0,266828	0,86	0,430203	0,006579	1,112294	1,017644
0,37	0,323779	0,001821	0,837135	0,281581	0,87	0,430126	0,006641	1,112097	1,027140
0,38	0,327880	0,001911	0,847739	0,295599	0,88	0,428847	0,006681	1,108789	1,033422
0,39	0,336526	0,002031	0,870092	0,314174	0,89	0,428350	0,006732	1,107505	1,041222
0,40	0,338381	0,002113	0,874887	0,326797	0,90	0,426721	0,006762	1,103293	1,045873
0,41	0,344349	0,002222	0,890319	0,343690	0,91	0,425262	0,006792	1,099519	1,050505
0,42	0,349134	0,002326	0,902690	0,359791	0,92	0,423361	0,006812	1,094604	1,053581
0,43	0,354964	0,002440	0,917763	0,377352	0,93	0,421656	0,006832	1,090196	1,056648
0,44	0,355937	0,002522	0,920279	0,390005	0,94	0,421364	0,006871	1,089443	1,062756
0,45	0,360023	0,002627	0,930844	0,406262	0,95	0,420669	0,006901	1,087645	1,067314
0,46	0,364967	0,002740	0,943627	0,423806	0,96	0,417229	0,006881	1,078751	1,064277
0,47	0,369038	0,002849	0,954153	0,440653	0,97	0,412284	0,006832	1,065966	1,056648
0,48	0,372374	0,002954	0,962778	0,456878	0,98	0,407054	0,006772	1,052442	1,047419
0,49	0,375086	0,003055	0,969788	0,472547	0,99	0,395492	0,006600	1,022550	1,020819
0,50	0,377266	0,003153	0,975426	0,487713	1,00	0,386771	0,006465	1,000000	1,000000

Quadro 12B- Valores de velocidades (V) e vazões (Q) para cada relação y/D na declividade de 0,05% e diâmetro de 150 mm.

y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado	y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado
0,01	0,028099	0,000001	0,103583	0,000175	0,51	0,271403	0,002326	1,000502	0,512989
0,02	0,038855	0,000003	0,143237	0,000684	0,52	0,271369	0,002384	1,000380	0,525657
0,03	0,054748	0,000008	0,201823	0,001764	0,53	0,274257	0,002467	1,011024	0,544107
0,04	0,066434	0,000015	0,244902	0,003286	0,54	0,275276	0,002535	1,014780	0,559017
0,05	0,073605	0,000023	0,271338	0,005072	0,55	0,278819	0,002627	1,027842	0,579246
0,06	0,075704	0,000031	0,279078	0,006836	0,56	0,280601	0,002703	1,034413	0,596040
0,07	0,081649	0,000042	0,300991	0,009262	0,57	0,282110	0,002777	1,039973	0,612372
0,08	0,094175	0,000059	0,347167	0,013011	0,58	0,283380	0,002849	1,044657	0,628281
0,09	0,096620	0,000072	0,356181	0,015878	0,59	0,286693	0,002942	1,056869	0,648886
0,10	0,102301	0,000089	0,377122	0,019627	0,60	0,285329	0,002988	1,051841	0,658947
0,11	0,111948	0,000112	0,412687	0,024699	0,61	0,288123	0,003077	1,062140	0,678621
0,12	0,118812	0,000135	0,437990	0,029771	0,62	0,290605	0,003164	1,071290	0,697741
0,13	0,124509	0,000159	0,458991	0,035064	0,63	0,290930	0,003227	1,072490	0,711744
0,14	0,132867	0,000189	0,489804	0,041680	0,64	0,292979	0,003310	1,080042	0,729996
0,15	0,138011	0,000217	0,508765	0,047855	0,65	0,293072	0,003371	1,080384	0,743392
0,16	0,144232	0,000249	0,531698	0,054911	0,66	0,296453	0,003470	1,092848	0,765197
0,17	0,140630	0,000265	0,518419	0,058440	0,67	0,297928	0,003547	1,098284	0,782203
0,18	0,152484	0,000312	0,562119	0,068805	0,68	0,296155	0,003585	1,091748	0,790569
0,19	0,156010	0,000345	0,575117	0,076082	0,69	0,297466	0,003660	1,096583	0,807041
0,20	0,157560	0,000375	0,580831	0,082698	0,70	0,298658	0,003733	1,100978	0,823184
0,21	0,166543	0,000425	0,613948	0,093724	0,71	0,301144	0,003822	1,110142	0,842927
0,22	0,171632	0,000468	0,632708	0,103207	0,72	0,302097	0,003892	1,113654	0,858395
0,23	0,179032	0,000520	0,659986	0,114674	0,73	0,302321	0,003953	1,114481	0,871704
0,24	0,183793	0,000567	0,677538	0,125039	0,74	0,304422	0,004037	1,122224	0,890372
0,25	0,187267	0,000612	0,690344	0,134963	0,75	0,305776	0,004112	1,127218	0,906845
0,26	0,190816	0,000659	0,703426	0,145328	0,76	0,304073	0,004145	1,120940	0,914071
0,27	0,194977	0,000710	0,718766	0,156575	0,77	0,303624	0,004194	1,119283	0,924804
0,28	0,199660	0,000765	0,736028	0,168704	0,78	0,303205	0,004242	1,117739	0,935414
0,29	0,202800	0,000816	0,747604	0,179951	0,79	0,303932	0,004305	1,120418	0,949377
0,30	0,208403	0,000879	0,768259	0,193844	0,80	0,304641	0,004367	1,123032	0,963136
0,31	0,211837	0,000935	0,780918	0,206193	0,81	0,306391	0,004444	1,129484	0,980064
0,32	0,214464	0,000989	0,790602	0,218102	0,82	0,306036	0,004490	1,128173	0,990082
0,33	0,218255	0,001050	0,804580	0,231554	0,83	0,305730	0,004535	1,127049	1,000000
0,34	0,221478	0,001110	0,816459	0,244786	0,84	0,305971	0,004586	1,127936	1,011448
0,35	0,226308	0,001180	0,834264	0,260223	0,85	0,305766	0,004631	1,127181	1,021158
0,36	0,230218	0,001247	0,848678	0,275060	0,86	0,305148	0,004667	1,124903	1,029180
0,37	0,231271	0,001300	0,852560	0,286770	0,87	0,304145	0,004696	1,121205	1,035552
0,38	0,236101	0,001376	0,870365	0,303488	0,88	0,303241	0,004725	1,117870	1,041886
0,39	0,236001	0,001424	0,869998	0,314140	0,89	0,301984	0,004746	1,113238	1,046611
0,40	0,242870	0,001516	0,895318	0,334428	0,90	0,301738	0,004781	1,112329	1,054439
0,41	0,245154	0,001582	0,903738	0,348870	0,91	0,300264	0,004796	1,106898	1,057554
0,42	0,246875	0,001645	0,910083	0,362738	0,92	0,298487	0,004803	1,100347	1,059108
0,43	0,250997	0,001725	0,925280	0,380443	0,93	0,297723	0,004824	1,097530	1,063757
0,44	0,254349	0,001802	0,937635	0,397360	0,94	0,297523	0,004852	1,096791	1,069924
0,45	0,252067	0,001839	0,929222	0,405554	0,95	0,296188	0,004859	1,091870	1,071460
0,46	0,256906	0,001929	0,947060	0,425348	0,96	0,293335	0,004838	1,081353	1,066845
0,47	0,260950	0,002015	0,961968	0,444262	0,97	0,290259	0,004810	1,070014	1,060660
0,48	0,266352	0,002113	0,981885	0,465946	0,98	0,284843	0,004739	1,050050	1,045038
0,49	0,267141	0,002176	0,984791	0,479857	0,99	0,279655	0,004667	1,030924	1,029180
0,50	0,267673	0,002237	0,986754	0,493377	1,00	0,271266	0,004535	1,000000	1,000000

Quadro 13B- Valores de velocidades (V) e vazões (Q) para cada relação y/D na declividade de 0,20% e diâmetro de 100 mm.

y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado	y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado
0,01	0,045359	0,000001	0,091208	0,000154	0,51	0,475503	0,001839	0,956136	0,490241
0,02	0,077547	0,000003	0,155931	0,000744	0,52	0,473175	0,001875	0,951455	0,499950
0,03	0,089747	0,000006	0,180462	0,001577	0,53	0,483696	0,001964	0,972611	0,523434
0,04	0,108676	0,000011	0,218525	0,002932	0,54	0,488843	0,002031	0,982961	0,541489
0,05	0,134125	0,000019	0,269698	0,005041	0,55	0,497042	0,002113	0,999447	0,563244
0,06	0,132375	0,000024	0,266178	0,006520	0,56	0,493436	0,002145	0,992197	0,571714
0,07	0,149715	0,000035	0,301046	0,009264	0,57	0,496856	0,002207	0,999074	0,588289
0,08	0,161708	0,000046	0,325160	0,012186	0,58	0,499787	0,002267	1,004966	0,604410
0,09	0,177339	0,000060	0,356591	0,015896	0,59	0,502292	0,002326	1,010003	0,620111
0,10	0,189803	0,000075	0,381654	0,019863	0,60	0,504426	0,002384	1,014294	0,635425
0,11	0,197801	0,000089	0,397736	0,023804	0,61	0,506237	0,002440	1,017937	0,650378
0,12	0,211709	0,000109	0,425702	0,028936	0,62	0,513257	0,002522	1,032052	0,672185
0,13	0,225763	0,000130	0,453962	0,034680	0,63	0,514328	0,002575	1,034206	0,686337
0,14	0,234549	0,000151	0,471629	0,040133	0,64	0,515203	0,002627	1,035964	0,700204
0,15	0,243574	0,000173	0,489777	0,046069	0,65	0,520751	0,002703	1,047121	0,720504
0,16	0,253858	0,000198	0,510455	0,052717	0,66	0,521139	0,002752	1,047901	0,733726
0,17	0,262443	0,000223	0,527717	0,059488	0,67	0,525889	0,002825	1,057452	0,753123
0,18	0,273477	0,000252	0,549904	0,067310	0,68	0,525921	0,002873	1,057516	0,765781
0,19	0,280151	0,000280	0,563325	0,074522	0,69	0,527965	0,002931	1,061627	0,781316
0,20	0,290649	0,000312	0,584433	0,083211	0,70	0,529818	0,002988	1,065353	0,796547
0,21	0,294823	0,000339	0,592828	0,090500	0,71	0,529561	0,003033	1,064835	0,808526
0,22	0,307130	0,000378	0,617574	0,100738	0,72	0,533047	0,003099	1,071844	0,826169
0,23	0,313593	0,000411	0,630570	0,109563	0,73	0,532645	0,003143	1,071037	0,837724
0,24	0,324557	0,000452	0,652617	0,120440	0,74	0,532245	0,003185	1,070232	0,849122
0,25	0,330884	0,000488	0,665337	0,130074	0,75	0,531855	0,003227	1,069448	0,860370
0,26	0,338846	0,000528	0,681347	0,140766	0,76	0,533162	0,003279	1,072076	0,874225
0,27	0,345180	0,000567	0,694084	0,151198	0,77	0,534404	0,003331	1,074574	0,887864
0,28	0,346215	0,000599	0,696165	0,159567	0,78	0,534010	0,003371	1,073781	0,898627
0,29	0,357335	0,000649	0,718526	0,172951	0,79	0,535208	0,003421	1,076190	0,911901
0,30	0,365583	0,000696	0,735110	0,185480	0,80	0,536380	0,003470	1,078547	0,924985
0,31	0,373614	0,000744	0,751259	0,198362	0,81	0,536067	0,003509	1,077918	0,935320
0,32	0,379097	0,000789	0,762284	0,210290	0,82	0,535820	0,003547	1,077422	0,945543
0,33	0,384497	0,000835	0,773143	0,222507	0,83	0,537053	0,003594	1,079901	0,958167
0,34	0,391683	0,000886	0,787593	0,236131	0,84	0,538303	0,003641	1,082415	0,970628
0,35	0,395477	0,000930	0,795221	0,248045	0,85	0,538237	0,003678	1,082282	0,980482
0,36	0,400883	0,000980	0,806092	0,261258	0,86	0,538266	0,003715	1,082340	0,990238
0,37	0,407454	0,001034	0,819304	0,275583	0,87	0,537101	0,003742	1,079998	0,997493
0,38	0,417184	0,001097	0,838869	0,292506	0,88	0,536092	0,003769	1,077967	1,004695
0,39	0,416445	0,001134	0,837383	0,302364	0,89	0,534272	0,003789	1,074308	1,010011
0,40	0,423002	0,001192	0,850567	0,317713	0,90	0,533477	0,003815	1,072709	1,016881
0,41	0,428352	0,001247	0,861325	0,332498	0,91	0,531149	0,003828	1,068030	1,020419
0,42	0,432529	0,001300	0,869726	0,346653	0,92	0,528903	0,003840	1,063512	1,023653
0,43	0,435736	0,001351	0,876174	0,360252	0,93	0,527177	0,003854	1,060043	1,027423
0,44	0,445624	0,001424	0,896056	0,379739	0,94	0,526565	0,003875	1,058812	1,032875
0,45	0,446894	0,001471	0,898609	0,392193	0,95	0,523483	0,003875	1,052614	1,032937
0,46	0,454177	0,001539	0,913254	0,410165	0,96	0,517993	0,003855	1,041575	1,027600
0,47	0,460227	0,001603	0,925419	0,427382	0,97	0,512209	0,003830	1,029944	1,020941
0,48	0,465238	0,001665	0,935496	0,443932	0,98	0,507927	0,003813	1,021334	1,016459
0,49	0,469371	0,001725	0,943806	0,459887	0,99	0,501785	0,003779	1,008984	1,007276
0,50	0,472756	0,001783	0,950613	0,475306	1,00	0,497317	0,003751	1,000000	1,000000

Quadro 14B- Valores de velocidades (V) e vazões (Q) para cada relação y/D na declividade de 0,15% e diâmetro de 100 mm.

y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado	y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado
0,01	0,037526	0,000000	0,088761	0,000150	0,51	0,414534	0,001603	0,980499	0,502733
0,02	0,057221	0,000002	0,135345	0,000646	0,52	0,415002	0,001645	0,981607	0,515793
0,03	0,074581	0,000005	0,176406	0,001542	0,53	0,420116	0,001705	0,993704	0,534786
0,04	0,096932	0,000010	0,229275	0,003076	0,54	0,419866	0,001745	0,993113	0,547081
0,05	0,106453	0,000015	0,251794	0,004707	0,55	0,423879	0,001802	1,002604	0,565023
0,06	0,119042	0,000022	0,281571	0,006897	0,56	0,427329	0,001857	1,010763	0,582412
0,07	0,128159	0,000030	0,303136	0,009328	0,57	0,430290	0,001911	1,017769	0,599297
0,08	0,139929	0,000040	0,330974	0,012404	0,58	0,432828	0,001964	1,023772	0,615720
0,09	0,147599	0,000050	0,349118	0,015563	0,59	0,434997	0,002015	1,028903	0,631715
0,10	0,166797	0,000065	0,394526	0,020533	0,60	0,436846	0,002064	1,033274	0,647315
0,11	0,173122	0,000078	0,409488	0,024508	0,61	0,438414	0,002113	1,036985	0,662548
0,12	0,183055	0,000094	0,432980	0,029431	0,62	0,442915	0,002176	1,047629	0,682330
0,13	0,190068	0,000110	0,449570	0,034344	0,63	0,443904	0,002222	1,049969	0,696798
0,14	0,203177	0,000130	0,480577	0,040895	0,64	0,444718	0,002267	1,051895	0,710972
0,15	0,211170	0,000150	0,499482	0,046981	0,65	0,448191	0,002326	1,060110	0,729442
0,16	0,218171	0,000170	0,516042	0,053294	0,66	0,451320	0,002384	1,067509	0,747455
0,17	0,228009	0,000194	0,539312	0,060795	0,67	0,454145	0,002440	1,074192	0,765045
0,18	0,237226	0,000219	0,561112	0,068681	0,68	0,456704	0,002495	1,080244	0,782239
0,19	0,240491	0,000240	0,568835	0,075251	0,69	0,456631	0,002535	1,080073	0,794891
0,20	0,250237	0,000269	0,591887	0,084272	0,70	0,456513	0,002575	1,079793	0,807344
0,21	0,254058	0,000293	0,600925	0,091736	0,71	0,458613	0,002627	1,084761	0,823656
0,22	0,266493	0,000328	0,630338	0,102820	0,72	0,460547	0,002678	1,089335	0,839650
0,23	0,270883	0,000355	0,640721	0,111327	0,73	0,462336	0,002728	1,093567	0,855346
0,24	0,279601	0,000389	0,661342	0,122050	0,74	0,464000	0,002777	1,097503	0,870759
0,25	0,284306	0,000419	0,672471	0,131469	0,75	0,465558	0,002825	1,101187	0,885904
0,26	0,293657	0,000458	0,694589	0,143502	0,76	0,465107	0,002861	1,100121	0,897095
0,27	0,298209	0,000490	0,705355	0,153653	0,77	0,468418	0,002919	1,107952	0,915442
0,28	0,304608	0,000527	0,720492	0,165143	0,78	0,466122	0,002942	1,102521	0,922679
0,29	0,311409	0,000565	0,736578	0,177297	0,79	0,467505	0,002988	1,105793	0,936985
0,30	0,314984	0,000599	0,745033	0,187984	0,80	0,468848	0,003033	1,108969	0,951076
0,31	0,321075	0,000639	0,759440	0,200522	0,81	0,466791	0,003055	1,104105	0,958043
0,32	0,326540	0,000679	0,772368	0,213072	0,82	0,468173	0,003099	1,107374	0,971829
0,33	0,334064	0,000725	0,790163	0,227405	0,83	0,467934	0,003132	1,106808	0,982041
0,34	0,339843	0,000769	0,803833	0,241000	0,84	0,466184	0,003153	1,102669	0,988790
0,35	0,342372	0,000806	0,809815	0,252597	0,85	0,466127	0,003185	1,102534	0,998829
0,36	0,350963	0,000858	0,830135	0,269050	0,86	0,464626	0,003206	1,098984	1,005466
0,37	0,354344	0,000899	0,838133	0,281917	0,87	0,463267	0,003227	1,095769	1,012059
0,38	0,357168	0,000939	0,844813	0,294579	0,88	0,462053	0,003248	1,092897	1,018610
0,39	0,361942	0,000986	0,856105	0,309124	0,89	0,460988	0,003269	1,090377	1,025119
0,40	0,368477	0,001038	0,871561	0,325554	0,90	0,458436	0,003278	1,084342	1,027908
0,41	0,374079	0,001089	0,884811	0,341564	0,91	0,457629	0,003298	1,082433	1,034180
0,42	0,375718	0,001130	0,888688	0,354211	0,92	0,455937	0,003310	1,078431	1,038014
0,43	0,381426	0,001183	0,902191	0,370949	0,93	0,454331	0,003322	1,074633	1,041564
0,44	0,386306	0,001235	0,913732	0,387230	0,94	0,451942	0,003325	1,068982	1,042796
0,45	0,387021	0,001274	0,915424	0,399532	0,95	0,446773	0,003307	1,056756	1,037002
0,46	0,391451	0,001326	0,925902	0,415846	0,96	0,442754	0,003295	1,047250	1,033198
0,47	0,395056	0,001376	0,934429	0,431544	0,97	0,437953	0,003275	1,035893	1,026838
0,48	0,397964	0,001424	0,941308	0,446690	0,98	0,433557	0,003255	1,025497	1,020602
0,49	0,406487	0,001494	0,961467	0,468492	0,99	0,427798	0,003221	1,011873	1,010160
0,50	0,407964	0,001539	0,964961	0,482480	1,00	0,422778	0,003189	1,000000	1,000000

Quadro 15B- Valores de velocidades (V) e vazões (Q) para cada relação y/D na declividade de 0,10% e diâmetro de 100 mm.

y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado	y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado
0,01	0,038216	0,000000	0,111287	0,000188	0,51	0,336780	0,001303	0,980722	0,502847
0,02	0,059606	0,000002	0,173577	0,000828	0,52	0,334585	0,001326	0,974332	0,511971
0,03	0,067623	0,000004	0,196921	0,001721	0,53	0,339011	0,001376	0,987221	0,531297
0,04	0,074992	0,000008	0,218382	0,002930	0,54	0,342819	0,001424	0,998311	0,549945
0,05	0,088339	0,000012	0,257249	0,004809	0,55	0,346096	0,001471	1,007851	0,567980
0,06	0,094439	0,000017	0,275013	0,006737	0,56	0,348912	0,001516	1,016054	0,585461
0,07	0,107169	0,000025	0,312084	0,009604	0,57	0,351331	0,001560	1,023096	0,602434
0,08	0,123302	0,000035	0,359064	0,013457	0,58	0,348722	0,001582	1,015499	0,610744
0,09	0,123533	0,000042	0,359735	0,016036	0,59	0,355174	0,001645	1,034288	0,635021
0,10	0,131178	0,000051	0,381997	0,019881	0,60	0,356683	0,001685	1,038682	0,650703
0,11	0,143508	0,000065	0,417903	0,025011	0,61	0,357964	0,001725	1,042412	0,666016
0,12	0,147210	0,000075	0,428684	0,029139	0,62	0,359046	0,001764	1,045563	0,680985
0,13	0,160951	0,000093	0,468699	0,035806	0,63	0,359955	0,001802	1,048211	0,695631
0,14	0,169827	0,000109	0,494545	0,042083	0,64	0,364303	0,001857	1,060873	0,717040
0,15	0,171362	0,000122	0,499016	0,046938	0,65	0,368227	0,001911	1,072298	0,737828
0,16	0,176893	0,000138	0,515122	0,053199	0,66	0,368501	0,001946	1,073097	0,751368
0,17	0,185465	0,000158	0,540085	0,060882	0,67	0,368695	0,001981	1,073662	0,764667
0,18	0,193225	0,000178	0,562683	0,068874	0,68	0,368821	0,002015	1,074030	0,777739
0,19	0,193691	0,000193	0,564039	0,074617	0,69	0,371855	0,002064	1,082865	0,796946
0,20	0,203640	0,000219	0,593011	0,084432	0,70	0,374638	0,002113	1,090968	0,815700
0,21	0,215198	0,000248	0,626671	0,095666	0,71	0,374456	0,002145	1,090439	0,827967
0,22	0,223506	0,000275	0,650862	0,106168	0,72	0,374257	0,002176	1,089859	0,840054
0,23	0,228062	0,000299	0,664129	0,115394	0,73	0,374048	0,002207	1,089251	0,851971
0,24	0,226932	0,000316	0,660839	0,121957	0,74	0,376354	0,002252	1,095965	0,869539
0,25	0,230359	0,000340	0,670818	0,131146	0,75	0,376078	0,002282	1,095162	0,881057
0,26	0,237868	0,000371	0,692685	0,143109	0,76	0,378186	0,002326	1,101300	0,898056
0,27	0,241853	0,000397	0,704291	0,153421	0,77	0,380178	0,002369	1,107101	0,914740
0,28	0,247960	0,000429	0,722074	0,165505	0,78	0,382071	0,002412	1,112613	0,931124
0,29	0,241874	0,000439	0,704351	0,169539	0,79	0,381716	0,002440	1,111581	0,941889
0,30	0,251628	0,000479	0,732755	0,184886	0,80	0,381403	0,002467	1,110667	0,952532
0,31	0,263802	0,000525	0,768209	0,202838	0,81	0,381134	0,002495	1,109884	0,963058
0,32	0,268590	0,000559	0,782151	0,215771	0,82	0,380914	0,002522	1,109243	0,973469
0,33	0,271648	0,000590	0,791054	0,227661	0,83	0,378759	0,002535	1,102968	0,978634
0,34	0,273315	0,000618	0,795909	0,238625	0,84	0,378691	0,002561	1,102771	0,988882
0,35	0,279413	0,000657	0,813666	0,253798	0,85	0,378683	0,002588	1,102749	0,999024
0,36	0,285433	0,000698	0,831199	0,269395	0,86	0,378741	0,002614	1,102917	1,009065
0,37	0,290365	0,000737	0,845561	0,284416	0,87	0,378869	0,002639	1,103291	1,019007
0,38	0,286978	0,000755	0,835698	0,291400	0,88	0,379074	0,002665	1,103886	1,028852
0,39	0,300886	0,000820	0,876197	0,316379	0,89	0,381129	0,002703	1,109872	1,043447
0,40	0,298879	0,000842	0,870355	0,325104	0,90	0,381475	0,002728	1,110879	1,053064
0,41	0,304710	0,000887	0,887333	0,342537	0,91	0,378241	0,002726	1,101462	1,052360
0,42	0,307505	0,000925	0,895474	0,356915	0,92	0,372602	0,002705	1,085038	1,044373
0,43	0,307828	0,000955	0,896414	0,368574	0,93	0,372788	0,002725	1,085582	1,052176
0,44	0,314745	0,001006	0,916557	0,388427	0,94	0,371361	0,002733	1,081426	1,054935
0,45	0,319554	0,001052	0,930562	0,406138	0,95	0,370322	0,002741	1,078401	1,058242
0,46	0,323284	0,001095	0,941423	0,422816	0,96	0,363148	0,002702	1,057510	1,043321
0,47	0,328861	0,001146	0,957664	0,442274	0,97	0,360819	0,002698	1,050725	1,041540
0,48	0,332090	0,001189	0,967066	0,458913	0,98	0,352832	0,002649	1,027469	1,022565
0,49	0,335741	0,001234	0,977699	0,476402	0,99	0,349898	0,002635	1,018924	1,017199
0,50	0,334926	0,001263	0,975325	0,487662	1,00	0,343399	0,002590	1,000000	1,000000

Quadro 16B - Valores de velocidades (V) e vazões (Q) para cada relação y/D na declividade de 0,05% e diâmetro de 100 mm.

y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado	y/D	V (ms <sup>-1</sup> )	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	V / Vo observado	Q/Qo observado
0,01	0,022550	0,000000	0,093890	0,000159	0,51	0,236689	0,000915	0,985477	0,505285
0,02	0,040521	0,000001	0,168713	0,000805	0,52	0,237059	0,000940	0,987018	0,518636
0,03	0,043830	0,000003	0,182491	0,001595	0,53	0,240379	0,000976	1,000838	0,538625
0,04	0,051381	0,000005	0,213930	0,002870	0,54	0,242032	0,001006	1,007720	0,555128
0,05	0,056028	0,000008	0,233278	0,004361	0,55	0,243773	0,001036	1,014970	0,571992
0,06	0,069815	0,000013	0,290680	0,007121	0,56	0,245241	0,001066	1,021081	0,588358
0,07	0,076687	0,000018	0,319291	0,009825	0,57	0,247386	0,001099	1,030014	0,606508
0,08	0,081006	0,000023	0,337276	0,012640	0,58	0,249641	0,001133	1,039403	0,625121
0,09	0,088624	0,000030	0,368992	0,016449	0,59	0,251749	0,001166	1,048181	0,643551
0,10	0,093997	0,000037	0,391364	0,020368	0,60	0,253731	0,001199	1,056431	0,661822
0,11	0,100124	0,000045	0,416873	0,024950	0,61	0,253888	0,001224	1,057083	0,675390
0,12	0,105712	0,000054	0,440141	0,029917	0,62	0,253601	0,001246	1,055889	0,687710
0,13	0,110546	0,000064	0,460267	0,035161	0,63	0,255495	0,001279	1,063776	0,705961
0,14	0,117470	0,000075	0,489097	0,041620	0,64	0,258284	0,001317	1,075389	0,726851
0,15	0,121495	0,000086	0,505856	0,047581	0,65	0,258101	0,001340	1,074625	0,739429
0,16	0,126829	0,000099	0,528063	0,054536	0,66	0,259105	0,001368	1,078806	0,755365
0,17	0,130778	0,000111	0,544506	0,061381	0,67	0,260379	0,001399	1,084109	0,772108
0,18	0,135897	0,000125	0,565817	0,069257	0,68	0,262399	0,001433	1,092522	0,791130
0,19	0,140100	0,000140	0,583320	0,077167	0,69	0,264604	0,001469	1,101700	0,810808
0,20	0,143023	0,000154	0,595487	0,084785	0,70	0,265040	0,001495	1,103519	0,825084
0,21	0,147287	0,000170	0,613241	0,093616	0,71	0,265416	0,001520	1,105083	0,839086
0,22	0,150902	0,000186	0,628292	0,102487	0,72	0,267013	0,001552	1,111733	0,856915
0,23	0,157591	0,000207	0,656143	0,114007	0,73	0,267364	0,001577	1,113194	0,870698
0,24	0,160555	0,000224	0,668483	0,123368	0,74	0,267332	0,001600	1,113059	0,883101
0,25	0,164920	0,000243	0,686657	0,134242	0,75	0,267801	0,001625	1,115014	0,897028
0,26	0,168188	0,000262	0,700265	0,144675	0,76	0,266430	0,001639	1,109306	0,904584
0,27	0,172474	0,000283	0,718111	0,156432	0,77	0,267297	0,001666	1,112915	0,919543
0,28	0,173346	0,000300	0,721743	0,165429	0,78	0,267681	0,001690	1,114512	0,932713
0,29	0,178760	0,000325	0,744285	0,179152	0,79	0,267748	0,001711	1,114790	0,944609
0,30	0,183968	0,000350	0,765968	0,193266	0,80	0,268447	0,001737	1,117703	0,958567
0,31	0,187012	0,000372	0,778639	0,205592	0,81	0,267767	0,001753	1,114872	0,967386
0,32	0,186413	0,000388	0,776147	0,214114	0,82	0,269782	0,001786	1,123259	0,985770
0,33	0,192738	0,000418	0,802480	0,230950	0,83	0,269318	0,001802	1,121330	0,994926
0,34	0,193227	0,000437	0,804517	0,241206	0,84	0,269766	0,001825	1,123197	1,007198
0,35	0,197637	0,000465	0,822881	0,256672	0,85	0,269634	0,001843	1,122645	1,017049
0,36	0,204012	0,000499	0,849424	0,275302	0,86	0,268925	0,001856	1,119694	1,024414
0,37	0,204874	0,000520	0,853009	0,286921	0,87	0,268401	0,001870	1,117512	1,032141
0,38	0,205113	0,000539	0,854005	0,297784	0,88	0,267213	0,001879	1,112565	1,036941
0,39	0,209672	0,000571	0,872989	0,315220	0,89	0,266501	0,001890	1,109600	1,043191
0,40	0,212523	0,000599	0,884859	0,330521	0,90	0,265661	0,001900	1,106102	1,048536
0,41	0,217399	0,000633	0,905160	0,349419	0,91	0,265330	0,001912	1,104723	1,055477
0,42	0,216770	0,000652	0,902541	0,359732	0,92	0,263830	0,001915	1,098480	1,057311
0,43	0,219933	0,000682	0,915709	0,376508	0,93	0,262171	0,001917	1,091570	1,057980
0,44	0,223517	0,000715	0,930632	0,394392	0,94	0,260907	0,001920	1,086307	1,059697
0,45	0,223469	0,000736	0,930435	0,406083	0,95	0,258823	0,001916	1,077633	1,057489
0,46	0,226399	0,000767	0,942633	0,423360	0,96	0,257264	0,001915	1,071143	1,056771
0,47	0,229244	0,000799	0,954478	0,440803	0,97	0,254274	0,001901	1,058691	1,049437
0,48	0,232242	0,000831	0,966961	0,458863	0,98	0,251740	0,001890	1,048140	1,043137
0,49	0,234944	0,000864	0,978209	0,476651	0,99	0,246395	0,001855	1,025886	1,024149
0,50	0,234856	0,000886	0,977842	0,488921	1,00	0,240177	0,001812	1,000000	1,000000