

HIDRÁULICA DE TUBOS DE BAMBU: COEFICIENTE C DE HAZEN-WILLIAMS**Marco Antonio dos Reis Pereira***Unesp-Campus de Bauru Caixa postal 473 Tel.(014)-2302111 r.148 Fax 305070 E-mail pereira@azul.bauru.unesp.br***Antônio de Pádua Sousa***Unesp-Campus de Botucatu-Fazenda Lageado Caixa postal 237 Tel.(014)8213883 Fax 213438***1 RESUMO**

Dentre as mais de mil espécies de bambu existentes, as espécies gigantes parecem ser as mais adequadas para utilização como condutor de água. Dentre estas, a espécie *Dendrocalamus giganteus* (bambu gigante ou bambu balde) é relativamente comum em nosso meio, produzindo colmos com dimensões, características físicas e mecânicas compatíveis para este fim. No entanto, as informações disponíveis sobre suas características hidráulicas são escassas e geralmente referidas ao bambu em geral.

O objetivo do presente trabalho foi verificar o comportamento hidráulico dos tubos de bambu como conduto forçado. Para tanto foi elaborada e montada uma bancada de ensaios para experimentação destes tubos.

Os colmos de bambu foram usinados internamente por meio de duas ferramentas construídas para este fim: uma ferramenta de impacto, acionada manualmente e outra, giratória, acionada por motor elétrico, promovendo diferentes qualidades na remoção dos diafragmas internos (nós), o que levou a observação de diferentes resultados, relativos aos valores determinados para a perda de carga e para o coeficiente C da equação de Hazen-Williams.

Os resultados mostraram uma nítida influência da qualidade de remoção dos nós nos parâmetros hidráulicos obtidos. Assim, para a usinagem feita através de ferramenta de impacto com acionamento manual foi obtido o valor de $C = 63$ e, através da ferramenta giratória com acionamento elétrico, foi obtido o valor de $C = 101$, para tubos de bambu da espécie gigante (*Dendrocalamus giganteus*). Muito embora os valores do coeficiente C encontrados para os tubos de bambu sejam inferiores aos encontrados para tubos lisos de PVC ($C = 140$), ele pode ser considerado como uma possível alternativa para uso como condutor de água para fins de irrigação de pequeno porte, tendo em vista seu baixo custo e facilidades em ser trabalhado e utilizado.

UNITERMOS: Bambu, hidráulica, coeficientes.

PEREIRA, M.A.R., SOUSA, A.P. HYDRAULICS OF BAMBOO TUBES: HAZEN-WILLIAMS' COEFFICIENT IN BAMBOO TUBES HYDRAULICS**2 SUMMARY**

The giant bamboo species seem to be suitable for using as a water conductor, concerning to their good agronomical, silvicultural, physical and mechanical characteristics and also due to culm dimensions showed by these species. However, few information is available to concerning their hydraulics characteristics.

In this work, the giant bamboo (*Dendrocalamus giganteus*) specie was tested as a water conductor when submitted to a pressurized flow, verifying some hydraulics characteristics usually used in the irrigation practice as the C coefficient obtained from the Hazen-Williams' equation. The bamboo tubes had their inner diaphragm (inner node) removed by two different tools, a hand working impact tool that produces a bad quality of the node remotion and an electrical working rotate tool that produces a good quality of the node remotion. The literature shows some C coefficient values as varying between 43 to 70 for a bad quality remotion of the inner nodes and between 65 to 90 for a good quality remotion.

The research showed that the rotate tool produces better results than the impact tool as can be observed from the C coefficient obtained. A 63 C value was obtained with the impact tool or a bad node remotion quality, while a 101 C value was observed using the rotate tool or a good node remotion quality, for the giant bamboo tubes.

In spite of the fact that bamboo tubes have a lower value to the C coefficient than the PVC tubes ($C = 140$) they can be used as water conductor, taking into consideration that they are a natural material with low cost and easy to be worked using simple tools.

KEYWORDS : Bamboo, hydraulic, coefficient.

3 INTRODUÇÃO

O bambu é uma planta predominantemente tropical, de rápido crescimento e grande produtividade, sendo ainda um material auto-renovável e com características físicas e mecânicas tais, que o habilitam a possuir milhares de aplicações nos mais diversos campos, entre eles, como condutor de água para a irrigação (Pereira, 1992). É um material barato que pode ser facilmente trabalhado com ferramentas simples e de baixo custo, acessíveis ao agricultor, bastando possuir uma moita de bambu para se ter acesso a uma pequena “fábrica” de tubos na própria propriedade.

Dentre as mais de mil espécies de bambu existentes, as espécies gigantes parecem ser as mais adequadas para utilização em irrigação, devido a produzirem colmos com dimensões, e características compatíveis para este fim. Dentre as espécies gigantes, optou-se inicialmente pela espécie *Dendrocalamus giganteus* (bambu gigante ou bambu balde) por ser uma espécie relativamente comum em nosso meio. No Brasil, apesar de conhecido e comum, o bambu é muito pouco utilizado, seja devido à falta de pesquisas ou seja devido a falta de conhecimento e divulgação das diversas espécies, suas principais características e diferentes aplicações.

Segundo Liese (1985), por séculos os bambus tem desempenhado um importante papel na vida diária das pessoas de muitos países tropicais, especialmente da Ásia. Ultimamente porém, esta planta peculiar, com sua larga distribuição, rápida taxa de crescimento e múltiplos usos tem despertado uma crescente curiosidade, aliado ao fato de ser um material renovável. Comenta ainda que a despeito de sua utilização universal, seu conhecimento é ainda incompleto e os relatos ainda sujeitos a controvérsias.

Farreley (1984), comenta ser o bambu uma planta de ancestral e crescente importância para a humanidade, conhecida como “a madeira dos pobres” na Índia, “o amigo das pessoas” na China, “o irmão” no Vietnã, sendo no entanto, bem menos conhecido no ocidente. O autor acrescenta, que o bambu cresce mais rapidamente do que qualquer outra planta do planeta, sendo que sua admirável vitalidade, grande versatilidade, leveza, resistência, facilidade em ser trabalhado com ferramentas simples, sua formidável beleza ao natural ou processado, são qualidades que tem proporcionado ao bambu o mais longo e variado papel na evolução da cultura humana do que qualquer planta.

Segundo Hsiung (1988), os colmos do bambu possuem excelentes propriedades físicas e mecânicas que podem ser utilizadas em lugar dos custosos plásticos e metais, sendo suas características de retidão, leveza, força, dureza, conteúdo de fibras, flexibilidade e facilidade de trabalho ideais para os diferentes propósitos tecnológicos.

A técnica da irrigação tem contribuído significativamente, juntamente com as demais técnicas agrícolas, para o aumento da produtividade e/ou da produção de alimentos, sendo já de conhecimento geral os benefícios advindos da sua utilização. Sabe-se, entretanto, que a porcentagem da área irrigada no Brasil é relativamente pequena se comparada com outros países de maior tradição no uso da irrigação, bem como em relação ao total das terras potencialmente irrigáveis aqui existentes. Supõe-se que isto seja decorrência principalmente do custo da irrigação, da falta de informação e do baixo poder aquisitivo de nossos agricultores, especialmente os pequenos.

São escassas as informações existentes, relativas às características hidráulicas de tubos de bambu, notadamente à perda de carga e aos coeficientes das principais equações utilizadas para seu cálculo. Quando existentes, estes dados referem-se normalmente ao bambu em geral, havendo ainda significativa diferença entre os valores encontrados, bem como na metodologia utilizada.

Este trabalho objetiva contribuir para o desenvolvimento do bambu como condutor de água para fins de irrigação de pequeno porte, através da determinação do coeficiente C da equação de Hazen-Williams. Para tal fim, foi montada uma bancada de ensaios, testando o bambu como conduto forçado, na faixa de vazão comumente utilizada na prática. Foram utilizados colmos de bambu gigante da espécie *Dendrocalamus giganteus* nas dimensões mais comuns encontradas para esta espécie. Estes colmos de bambu foram usinados internamente para a remoção dos diafragmas internos (nós), através de duas ferramentas construídas para tal fim: uma ferramenta de impacto com acionamento manual e uma ferramenta giratória com acionamento elétrico, promovendo uma diferente qualidade na remoção dos nós nos tubos de bambu.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido nas dependências do laboratório de Mecânica dos Flúidos, do Departamento de Engenharia Mecânica da UNESP - Campus de Bauru, onde foi montado o banco de ensaios para obtenção dos dados.

4.2 Colmos de bambu utilizados

4.2.1 Corte

Os cortes dos colmos foram feitos logo acima do primeiro nó a cerca de 40 cm acima do solo através de um machado. Posteriormente os colmos foram limpos de seus ramos laterais através de um facão e foram serrados com o auxílio de um serrote, sendo a seguir transportados em um caminhão até o local de ensaio.

4.2.2 Dimensões dos colmos

Os colmos inteiros tinham comprimentos entre 25 a 30 metros, os quais foram subdivididos em 3 partes sucessivas, a partir da base com cerca de aproximadamente 4 metros cada, denominadas parte basal, parte média e parte apical, perfazendo um total de 12 metros aproveitados de cada colmo. Estes comprimentos foram escolhidos devido a maior facilidade de transporte e usinagem interna nesta dimensão.

Foram escolhidos colmos com diâmetro interno de aproximadamente 4 polegadas (0,1 m), que é a dimensão mais comum à esta espécie de bambu, e que se ajustavam melhor à ferramenta para usinagem interna.

4.3 Usinagem dos diafragmas internos

Os colmos foram usinados internamente para retirada dos diafragmas através de 2 ferramentas construídas para tal fim, uma por impacto de acionamento manual e outra giratória com acionamento elétrico, promovendo diferentes qualidades de remoção.

4.3.1 Ferramenta de impacto manual

Baseada em ferramenta similar mostrada em Pereira (1992), consiste de uma ferramenta simples, barata e fácil de operar manualmente. É composta por um pedaço de cano de ferro de 2 1/2" (0,064m) de diâmetro e cerca de 30 cm (0,3m) de comprimento, afiado em suas duas extremidades. Nesta ferramenta foi soldado um cano com 2 metros de comprimento e 1" (0,0254m) de diâmetro, que servia como cabo da ferramenta, e permitia serem usinados colmos com 4m de comprimento.

A usinagem foi feita pelo vai e vem da ferramenta manual dentro do bambu, que era girado regularmente para a usinagem de todo o diâmetro.

A Figura 1 mostra a ferramenta manual utilizada.

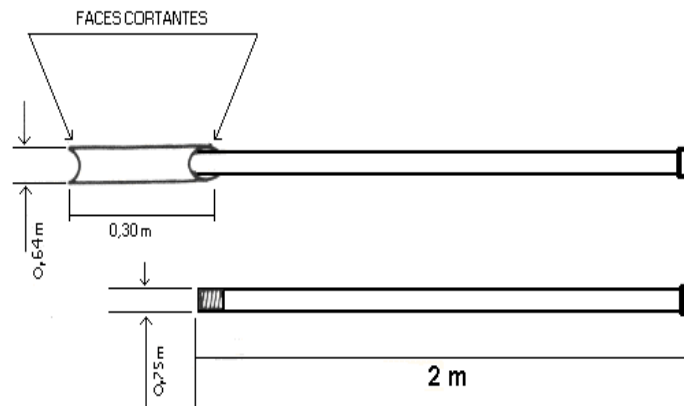


Figura 1 - Ferramenta de impacto - acionamento manual.

4.3.2 Ferramenta giratória - elétrica

Baseada em ferramenta mostrada em Almeida Neto (1992), foi construída uma ferramenta giratória com acionamento por motor elétrico.

A peça giratória mecânica consiste de 3 ferramentas de corte montadas simetricamente em um núcleo cilíndrico de alumínio, que apoia-se internamente no bambu através de cilindros ocios acionados por molas, o que permite que exista alguma variação no diâmetro interno do bambu.

O núcleo cilíndrico tinha aproximadamente 12 cm (0,12m) de comprimento e 8 cm (0,08m) de diâmetro, de onde saíam as ferramentas cortantes. A peça foi ligada a um tubo de aço galvanizado que servia de eixo transmissor de torque, sendo o conjunto acionado por um motor de 3/4 HP de potência acoplado a um redutor de velocidade (15:1).

O conjunto tinha um comprimento fixo de 3 metros e ficava acima de uma estrutura deslizante onde o bambu era preso através de 2 cintas metálicas (braçadeiras) e movimentado na direção da ferramenta.

A Figura 2 mostra a ferramenta giratória mecânica de acionamento elétrico.

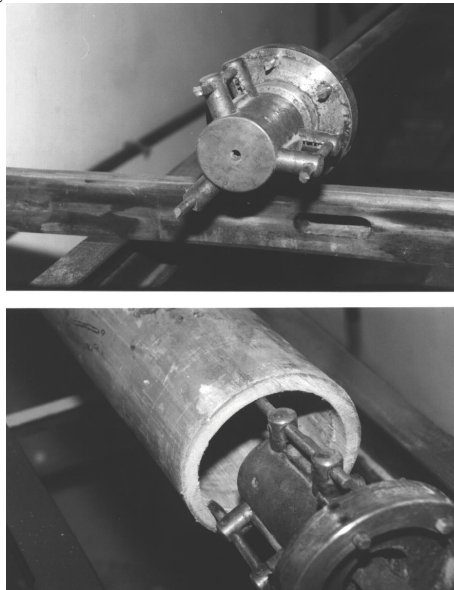


Figura 2 - Ferramenta giratória mecânica - acionamento elétrico.

4.4 Determinações experimentais

4.4.1 Diâmetro

Os diâmetros dos tubos de bambu foram determinados através do volume interno do tubo, que é o volume de um cilindro, de comprimento (L) e diâmetro (D). O volume interno (V) foi determinado através do enchimento total do tubo de bambu, colocado na posição vertical, com água, através de um recipiente previamente calibrado. O diâmetro assim obtido, chamado diâmetro médio do tubo de bambu, é determinado conforme a Equação 1:

$$Dm = \sqrt{\frac{4 \times Vol}{\pi \times L}} \quad (1)$$

Dm = diâmetro interno médio do tubo de bambu [m]

Vol = Volume interno do tubo de bambu [m³]

L = Comprimento do tubo de bambu [m]

4.4.2 Vazão e velocidade

Para a determinação da vazão foi construído um medidor de placa-orifício, tipo diafragma, com uma relação de áreas, Área do Orifício (Ao) / Área do conduto (A1), ou seja $Ao/A1 = 0,6$. O medidor de orifício foi previamente calibrado resultando a Equação 2 como equação de calibração :

$$Q = 0,01668 H^{0,51922} \quad Q(m^3/s) ; H (m) \quad (2)$$

A velocidade média de escoamento dentro do tubo de bambu foi determinada através da vazão (Q) obtida com o medidor de orifício, da seção média do tubo de bambu (D médio) e da Equação 3 da continuidade como segue:

$$Vm = \frac{4 \times Q}{\pi \times Dm^2} \quad (3)$$

Vm = Velocidade média no tubo de bambu [m/s]

Q = Vazão [m³/s]

Dm = Diâmetro interno médio do bambu [m]

4.4.3 Pressão estática

As medidas de pressão estática foram feitas através de anéis piezométricos que fornecem a pressão média de 4 tomadas piezométricas colocadas na mesma seção transversal. Cada tomada piezométrica foi feita com broca de 1 mm e tomou-se o cuidado de não se deixar rebarbas do lado de dentro da tubulação.

Foram construídos e instalados 4 anéis piezométricos sobre os tubos de PVC de 4" (0,1m) para a determinação das pressões estáticas. Estes anéis piezométricos receberam a identificação de h1, h2, h3, h4, como mostrados na Figura 3.

4.4.4 Perda de carga nos tubos de bambu

4.4.4.1 Bancada de ensaios

Para a determinação experimental da perda de carga nos tubos de bambu e verificação do sistema de medidas, foi montado o banco de ensaios a seguir mostrada no esquema da Figura 3.

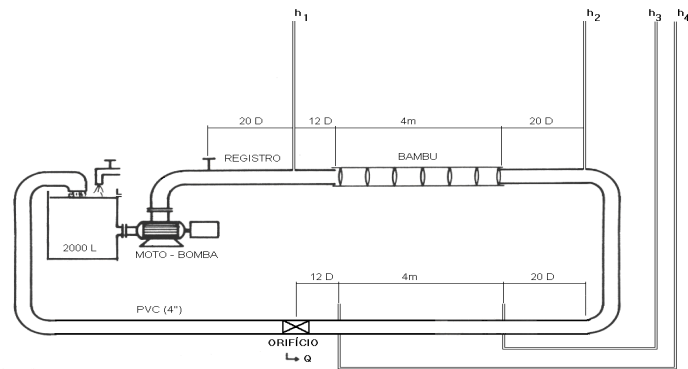


Figura 3 - Banco de ensaios.

O banco de ensaios era constituído por uma caixa d'água de 2.000 litros (2 m^3) mantida com nível constante através de uma alimentação contínua por uma torneira e uma saída de igual vazão por um vertedor. Um conjunto moto-bomba estava fixado e ligado ao banco de ensaios e a caixa d'água. A partir da moto-bomba foi instalada uma linha de tubulação de PVC de parede grossa e diâmetro interno de 4" (0,1m) com cerca de 20 metros de comprimento que retornava à caixa d'água mantendo o sistema fechado.

Na linha principal foram instalados os anéis piezométricos h_1 , h_2 , h_3 , e h_4 , uma seção com cerca de 4m para os testes com os tubos de bambu e o medidor de vazão tipo orifício, todos ligados através de mangueiras transparentes e com parede grossa a um quadro piezométrico para leitura das alturas ou pressões estáticas respectivas.

O banco de ensaios foi previamente calibrado pela colocação de um tubo de PVC de 4 metros de comprimento, 4" (0,1m) de diâmetro e parede grossa, na seção destinada aos tubos de bambu, de modo a reproduzir os resultados clássicos da literatura (Equação de Blasius), com erro inferior a 5%.

4.4.4.2 Fórmula utilizada

Dentre as várias fórmulas práticas existentes para a determinação da perda de carga em tubulações, será utilizada a equação de Hazen-Williams (Equação 4), por ser ainda de uso comum.

$$hf_{\text{bambu}} = \frac{10,646 \times L \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times Dm^{4,87}} \quad (4)$$

- hf_{bambu} = Perda de carga no tubo de bambu [m]
- L = Comprimento do tubo [m]
- Q = Vazão [m^3/s]
- Dm = Diâmetro interno médio do tubo de bambu [m]
- C = Coeficiente de rugosidade

Como para um determinado colmo L e Dm são constantes, o valor de C pode ser obtido por regressão de $hf \times Q^{1,85}$

4.4.4.3 Procedimento de Cálculos

Através do banco de ensaios descritos no item 4.4.4.1, foram determinados experimentalmente os valores da perda de carga hf , da vazão Q e da velocidade média V_m .

4.4.4.4 Procedimento Experimental

Os tubos de bambu foram cortados com aproximadamente 4 metros de comprimento e usinados internamente, primeiramente com a ferramenta de impacto manual, e posteriormente através da ferramenta giratória com acionamento elétrico e, em ambos os casos, os tubos foram ensaiados relativamente à perda de carga.

Ao maior diâmetro de cada tubo de bambu foi designado a letra A e ao menor a letra B. Os tubos foram então ensaiados no sentido A → B e depois no sentido inverso B → A.

Foram ensaiados 9 tubos de bambu nos sentidos A→B e B→A, usinados internamente através da ferramenta de impacto com acionamento manual e igualmente, 6 tubos de bambu usinados através de ferramenta giratória com acionamento elétrico.

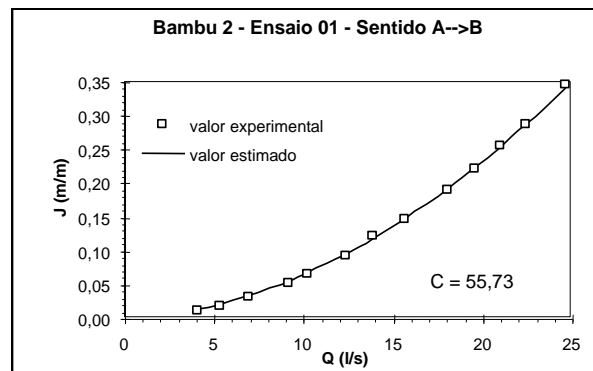
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Perda de Carga e coeficiente C da equação de Hazen-Williams.

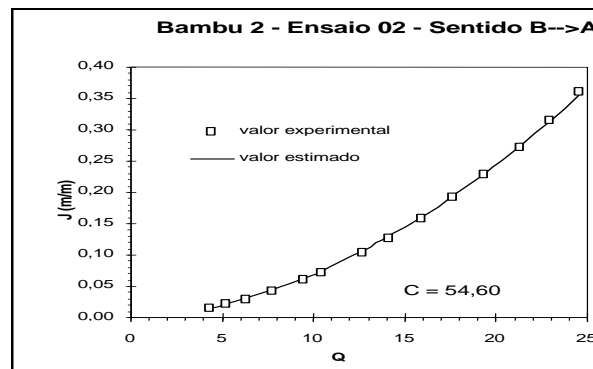
As Figuras 4, 5 e 6, mostram as curvas $J \times Q$, os coeficientes C e os valores da vazão (Q), da velocidade média (V) e da perda de carga unitária (J), obtidos em tubos de bambu usinados internamente através de ferramenta de impacto com acionamento manual.

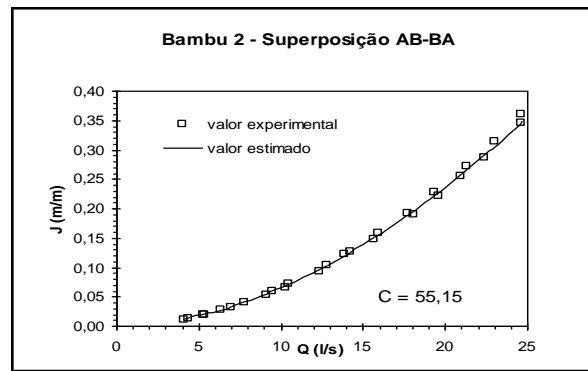
As Figuras 7, 8 e 9, mostram as curvas $J \times Q$, os coeficientes C e os valores da vazão (Q), da velocidade média (V) e da perda de carga (J), obtidos em tubos de bambu usinados internamente através de ferramenta de impacto com acionamento elétrico.

Q (l/s)	V _{bambu} (m/s)	J (m/m)
24,63	2,72	0,345
22,43	2,47	0,285
21,01	2,32	0,255
19,59	2,16	0,220
18,09	2,00	0,190
15,69	1,73	0,146
13,90	1,53	0,121
12,35	1,36	0,092
10,27	1,13	0,064
9,12	1,01	0,051
6,96	0,77	0,031
5,35	0,59	0,019
4,13	0,46	0,011



Q (l/s)	V _{bambu} (m/s)	J (m/m)
24,68	2,72	0,359
23,00	2,54	0,313
21,37	2,36	0,271
19,40	2,14	0,227
17,74	1,96	0,191
15,98	1,76	0,157
14,24	1,57	0,125
12,77	1,41	0,103
10,50	1,16	0,070
9,54	1,05	0,059
7,83	0,86	0,040
6,36	0,70	0,027
5,33	0,59	0,019
4,38	0,48	0,013

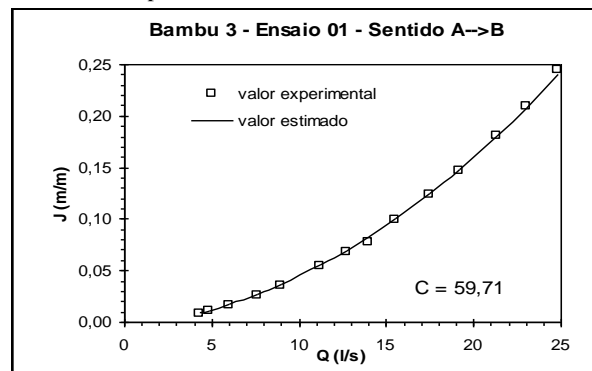




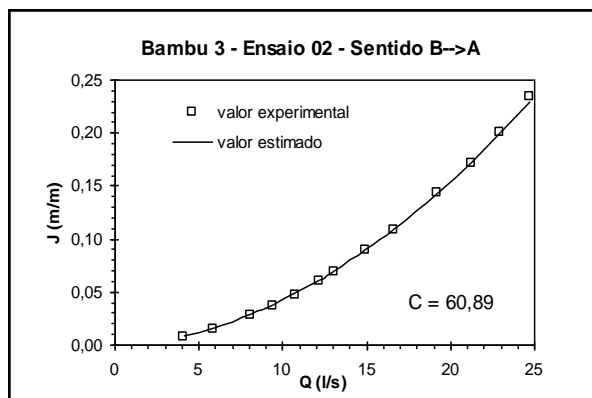
Dados do bambu 2.L = 3,94 m Dm=107,432 mm Número de nós = 9

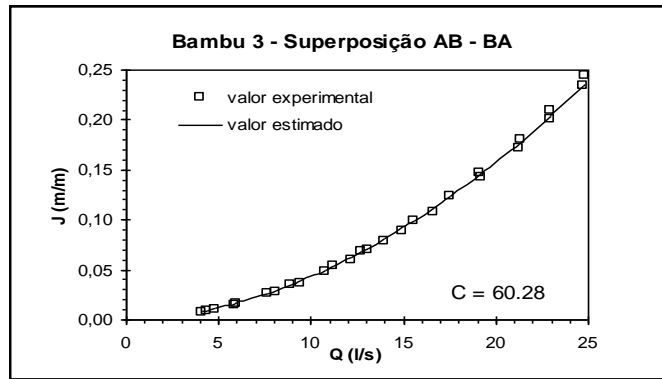
Figura 4 - Valores de Q, V, J. Curvas J x Q e coeficiente C
Bambu 2 - Ferramenta de impacto manual

Q (l/s)	V _{bambu} (m/s)	J (m/m)
24,80	2,77	0,2419
22,93	2,56	0,2075
21,25	2,37	0,1789
19,16	2,14	0,1470
16,87	1,88	0,1159
14,59	1,63	0,0883
12,42	1,39	0,0655
10,58	1,18	0,0485
9,02	1,01	0,0358
7,31	0,82	0,0245
5,85	0,65	0,0158
3,87	0,43	0,0075



Q (l/s)	V _{bambu} (m/s)	J (m/m)
24,85	2,77	0,2493
22,99	2,56	0,2145
21,41	2,39	0,1881
19,36	2,16	0,1557
17,46	1,95	0,1284
16,12	1,80	0,1108
14,47	1,61	0,0896
13,08	1,46	0,0746
11,36	1,27	0,0573
9,57	1,07	0,0414
7,76	0,87	0,0281
5,90	0,66	0,0167
4,43	0,49	0,0095

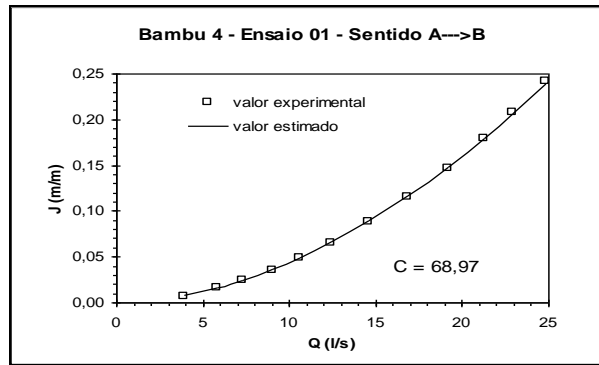




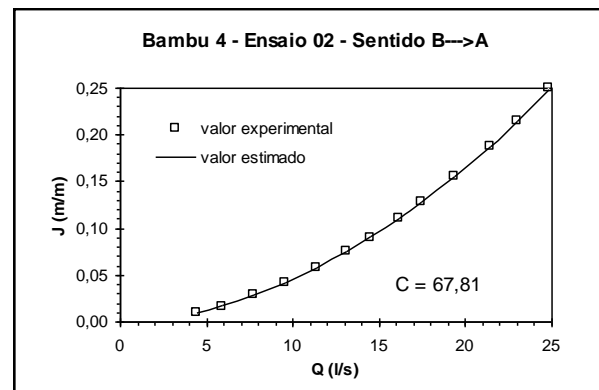
Dados do bambu 3: L = 4,02 m Dm=106,83 mm Número de nós = 7

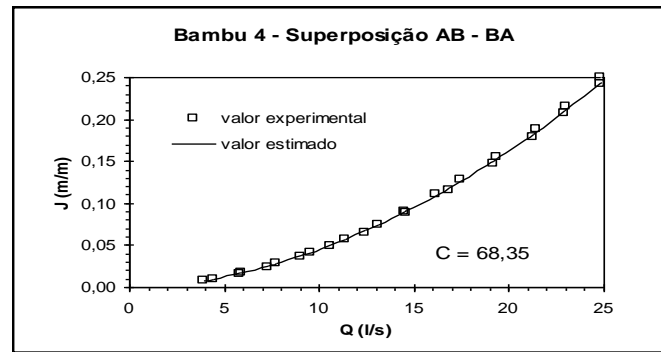
Figura 5 - Valores de Q, V, J. Curvas J x Q e coeficiente C
Bambu 3 - Ferramenta de impacto manual

Q (l/s)	V _{bambu} (m/s)	J (m/m)
24,80	2,77	0,2419
22,93	2,56	0,2075
21,25	2,37	0,1789
19,16	2,14	0,1470
16,87	1,88	0,1159
14,59	1,63	0,0883
12,42	1,39	0,0655
10,58	1,18	0,0485
9,02	1,01	0,0358
7,31	0,82	0,0245
5,85	0,65	0,0158
3,87	0,43	0,0075



Q (l/s)	V _{bambu} (m/s)	J (m/m)
24,85	2,77	0,2493
22,99	2,56	0,2145
21,41	2,39	0,1881
19,36	2,16	0,1557
17,46	1,95	0,1284
16,12	1,80	0,1108
14,47	1,61	0,0896
13,08	1,46	0,0746
11,36	1,27	0,0573
9,57	1,07	0,0414
7,76	0,87	0,0281
5,90	0,66	0,0167
4,43	0,49	0,0095

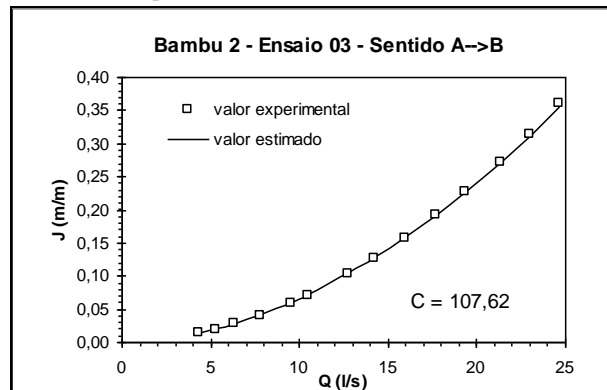




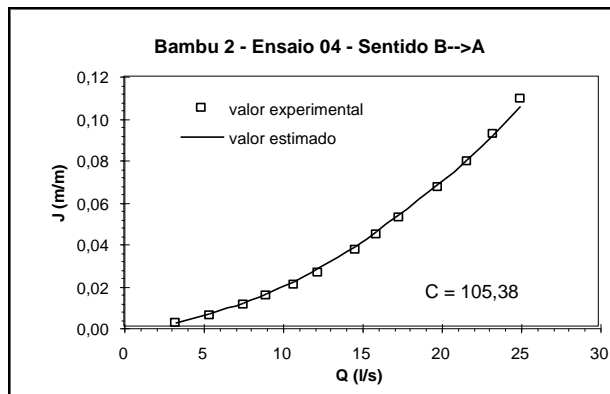
Dados do bambu 4 : L = 4,02 m Dm=106,83 mm Número de nós = 7

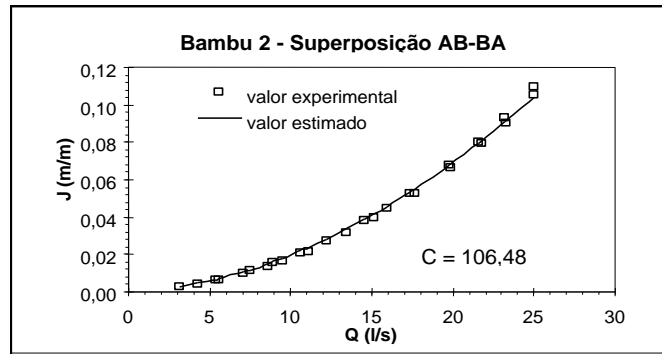
Figura 6 - Valores de Q, V, J. Curvas J x Q e coeficiente C
Bambu 4 - Ferramenta de impacto manual

Q (l/s)	V _{bambu} (m/s)	J (m/m)
25,06	2,74	0,1047
23,39	2,55	0,0897
21,88	2,39	0,0786
19,98	2,18	0,0655
17,70	1,93	0,0519
15,20	1,66	0,0388
13,52	1,48	0,0311
11,16	1,22	0,0212
9,54	1,04	0,0161
8,64	0,94	0,0131
7,17	0,78	0,0095
5,64	0,62	0,0060
4,32	0,47	0,0039



Q (l/s)	V _{bambu} (m/s)	J (m/m)
25,05	2,73	0,1091
23,27	2,54	0,0923
21,62	2,36	0,0796
19,79	2,16	0,0670
17,37	1,90	0,0523
15,96	1,74	0,0444
14,60	1,59	0,0374
12,28	1,34	0,0265
10,72	1,17	0,0204
9,00	0,98	0,0152
7,51	0,82	0,0107
5,45	0,60	0,0060
3,26	0,36	0,0022

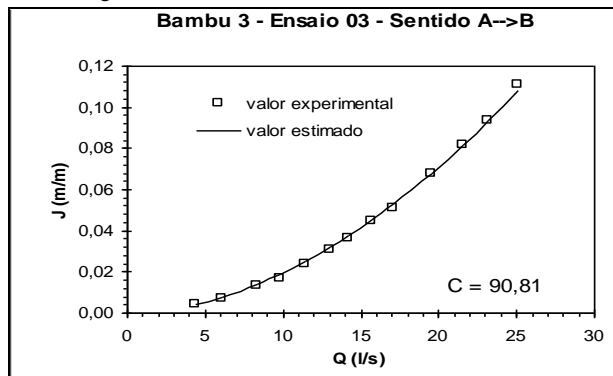




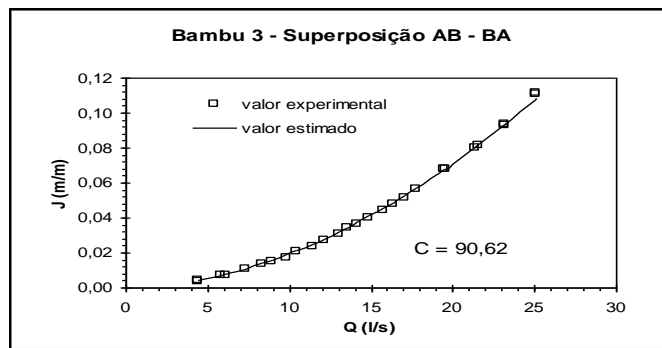
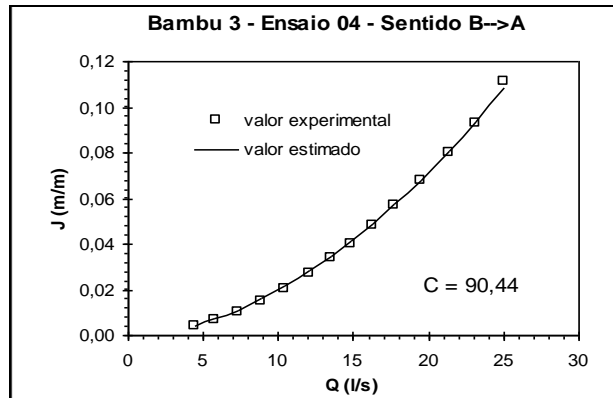
Dados do bambu 2 :L = 3,94 m Dm=107,987 mm Número de nós=9

Figura 7 - Valores de Q, V, J. Curvas J x Q e coeficiente C
Bambu 2 - Ferramenta giratória - acionamento elétrico

Q (l/s)	V _{bambu} (m/s)	J (m/m)
25,12	2,47	0,1110
23,20	2,28	0,0935
21,61	2,12	0,0814
19,52	1,92	0,0676
17,08	1,68	0,0513
15,72	1,55	0,0446
14,16	1,39	0,0366
13,02	1,28	0,0310
11,44	1,12	0,0239
9,85	0,97	0,0170
8,30	0,82	0,0133
6,07	0,60	0,0073
4,38	0,43	0,0041



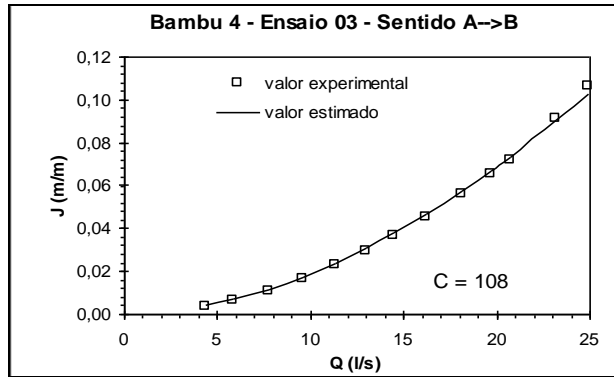
Q (l/s)	V _{bambu} (m/s)	J (m/m)
25,05	2,46	0,1114
23,14	2,28	0,0930
21,36	2,10	0,0803
19,47	1,91	0,0680
17,75	1,75	0,0568
16,33	1,60	0,0480
14,86	1,46	0,0403
13,56	1,33	0,0341
12,11	1,19	0,0269
10,43	1,03	0,0204
8,91	0,88	0,0153
7,29	0,72	0,0105
5,80	0,57	0,0070
4,38	0,43	0,0039



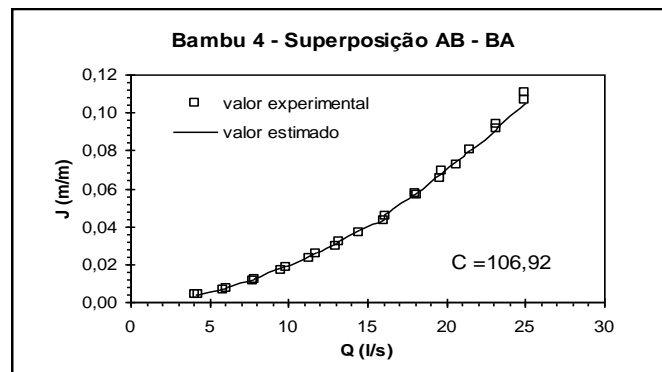
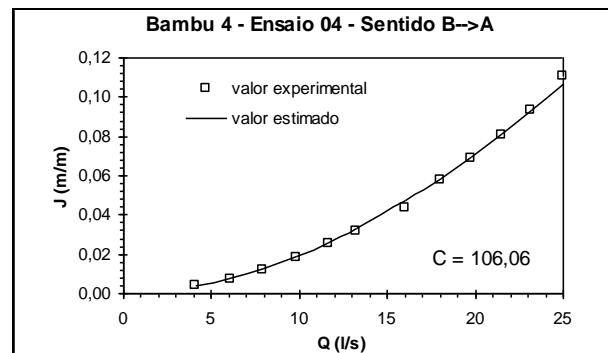
Dados do bambu 3. L = 4 m Dm=113,807 mm Número de nós = 9

Figura 8 - Valores de Q, V, J, Curvas J x Q e coeficiente C
Bambu 3 - Ferramenta giratória - acionamento elétrico

Q (l/s)	V _{bambu} (m/s)	J (m/m)
24,92	2,76	0,1063
23,20	2,57	0,0910
20,69	2,29	0,0720
19,67	2,18	0,0654
18,16	2,01	0,0563
16,19	1,79	0,0450
14,49	1,60	0,0365
12,96	1,43	0,0293
11,31	1,25	0,0227
9,60	1,06	0,0164
7,74	0,86	0,0110
5,87	0,65	0,0064
4,35	0,48	0,0037



Q (l/s)	V _{bambu} (m/s)	J (m/m)
24,96	2,76	0,1107
23,16	2,56	0,0934
21,54	2,38	0,0806
19,77	2,19	0,0690
18,00	1,99	0,0573
15,52	1,72	0,0431
13,21	1,46	0,0317
11,71	1,30	0,0251
9,84	1,09	0,0180
7,90	0,87	0,0119
6,10	0,67	0,0073
4,10	0,45	0,0036



Dados do bambu 4. L = 4,02 m Dm=107,284 mm Número de nós=7

Figura 9 - Valores de Q, V, J, Curvas J x Q e coeficiente C
Bambu 4 - Ferramenta giratória - acionamento elétrico

O Quadro 1 resume os valores do coeficiente C obtidos para cada bambu, mostrando ainda um valor médio do coeficiente C para todos os tubos de bambu usinados através de ferramenta de impacto com acionamento manual.

Quadro 1 - Valores do coeficiente C e valor médio Cm para tubos de bambu usinados internamente através de ferramenta de impacto com acionamento manual.

Amostra Superposiçã o AB↔BA	Comprimento L(m)	Número de nós	C	Cm
-----------------------------------	---------------------	------------------	---	----

Bambu 1	4	11	51,23	
Bambu 2	3,94	9	55,15	
Bambu 3	4	9	60,28	
Bambu 4	4,02	7	68,35	
Bambu 5	4	10	65,82	63
Bambu 6	4	10	61,08	
Bambu 7	4	8	65,66	
Bambu 8	3,97	7	71,00	
Bambu 9	4	8	65,75	

O Quadro 2 resume os valores do coeficiente C obtidos para cada bambu, mostrando ainda um valor médio do coeficiente C para todos os tubos de bambu usinados através de ferramenta giratória com acionamento elétrico.

Quadro 2 - Valores do coeficiente C e valor médio Cm para tubos de bambu usinados internamente através de ferramenta giratória com acionamento elétrico.

Amostra Superposição AB↔BA	Comprimento L(m)	Número de nós	C	Cm
Bambu 2	3,94	9	106,48	
Bambu 3	4	9	90,62	
Bambu 4	4,02	7	106,92	101
Bambu 6	4	10	95,91	
Bambu 8	3,97	7	102,65	
Bambu 9	4	8	101,31	

A Figura 10 mostra os valores do coeficiente C médio obtidos através dos dois tipos de ferramentas utilizados para usinagem interna dos tubos de bambu.

Observa-se dos Quadros 1 e 2 e da Figura 10 os valores médios obtidos para o coeficiente C, como sendo $C_{\text{médio}} = 101$ e $C_{\text{médio}} = 63$ para tubos de bambu usinados através de ferramenta giratória e ferramenta de impacto, respectivamente. O valor mais elevado para o coeficiente C é devido a melhor qualidade na remoção do diafragma interno (nó) proporcionado pela ferramenta giratória com acionamento elétrico. A qualidade da usinagem obtida com a ferramenta de impacto manual, depende do operador e, comparativamente a outra ferramenta, vai sempre deixar uma quantidade maior de diafragma sem ser removido, devido as suas características operacionais. Por outro lado a ferramenta manual é mais simples de ser construída e de baixo custo.

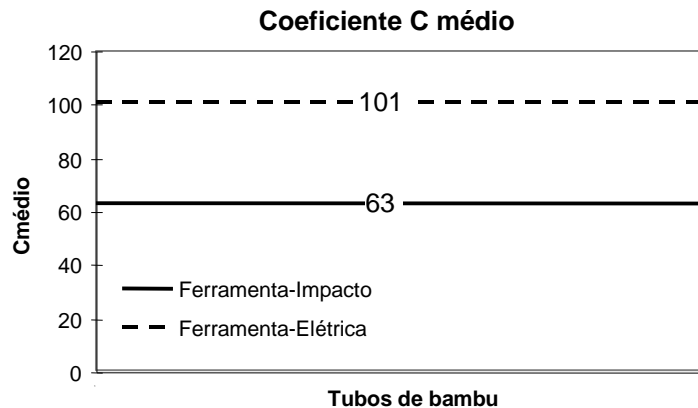


Figura 10 - Valores do coeficiente C médio geral-Ferramentas de impacto manual e giratória elétrica.

A literatura fornece os seguintes valores do coeficiente C para o bambu em geral:

	Cm
má qualidade de remoção dos nós	43 a 75
boa qualidade de remoção dos nós	70 a 90

Relativamente a espécie gigante *Dendrocalamus giganteus* são encontrados os seguintes valores:

	Cm
má qualidade de remoção dos nós	43
boa qualidade de remoção dos nós	89

Neste trabalho, considerando a ferramenta de impacto como correspondente a má qualidade de remoção dos nós e a ferramenta giratória como correspondente a boa qualidade de remoção dos nós foram obtidos os seguintes valores para tubos de bambu da espécie gigante *Dendrocalamus giganteus*:

	Cm
má qualidade de remoção dos nós	63
boa qualidade de remoção dos nós	101

Observa-se dos trabalhos citados na literatura que as leituras da variação da pressão estática foram tomadas diretamente sobre o bambu, não considerando os efeitos relativos à geometria dos tubos, que é variável em seu diâmetro e forma e também não considerando a presença dos diafragmas ou nós internos que não permitem o estabelecimento de um perfil de velocidades ao longo do tubo, o que provavelmente deve promover diferenças nos valores obtidos.

O Quadro 3 mostra uma simples comparação entre os valores médios do coeficiente C obtidos neste trabalho para os tubos de bambu, com o valor de C fornecido pela literatura para um tubo de PVC.

Quadro 3 - Comparação entre os valores médios do coeficiente C (Cm) para tubos de bambu usinados através de ferramenta de impacto e ferramenta giratória, com tubos lisos de PVC

PVC	Bambu	Diferença
Ferramenta giratória		
C	Cm	%
140	101	39
PVC	Bambu	Diferença
Ferramenta impacto		
C	Cm	%
140	63	140

Os Quadros 3 e 4 mostram que os tubos de bambu tem um comportamento hidráulico nitidamente inferior a um tubo liso de PVC e também, que a usinagem interna com ferramenta giratória mostrou-se superior em relação a usinagem por impacto, devendo portanto ser a preferida. No entanto, pode-se observar que é possível a utilização do bambu usinado por impacto como condutor de água, considerando ainda, se tratar de um material simples, natural, de baixo custo e fácil de ser trabalhado e utilizado, podendo, dentro desta ótica, se constituir numa possível alternativa para condução de água em pequenos sistemas de irrigação.

5 CONCLUSÕES

Considerando as condições em que a pesquisa foi desenvolvida as seguintes conclusões podem ser observadas :

Os tubos de bambu usinados internamente através da ferramenta giratória com acionamento elétrico mostraram um comportamento hidráulico superior em relação aos tubos de bambu usinados através da ferramenta de impacto com acionamento manual, conforme se pode observar dos dados obtidos para o coeficiente C da equação de perda de carga de Hazen-Williams.

- Para os tubos de bambu usinados internamente através de ferramenta de impacto com acionamento manual, foi obtido um valor médio de Cm = 63 para o coeficiente C da equação de Hazen-Williams.
- Para os tubos de bambu usinados internamente através de ferramenta giratória com acionamento elétrico foi obtido o valor médio de Cm = 101 para o coeficiente C da equação de Hazen-Williams.
- Embora os coeficientes de perda de carga obtidos através da ferramenta de impacto com acionamento manual sejam inferiores aos obtidos pela outra ferramenta, a ferramenta manual é de mais fácil construção e operação. No entanto, sugere-se o desenvolvimento de uma ferramenta giratória de mais simples construção e operação , de acordo com os melhores resultados obtidos com este tipo de ferramenta..

- Os tubos de bambu quer sejam usinados internamente através de ferramenta de impacto, quer sejam usinados através de ferramenta giratória, podem ser utilizados para condução de água para fins de irrigação de pequeno porte, através dos coeficientes aqui obtidos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA NETO, J.A. de . *Contribuição ao estudo do bambu: o comportamento hidráulico de tubos de bambu gigante*. Campinas, 1992. 126p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade de Campinas.
- FARRELY, D. *The book of bamboo*. San Francisco : Sierra Club Books, 1984, 340p.
- HSIUNG, W. Prospects for bamboo development in the world. In : **IBC 88**, 1988, Prafance.
- LIESE, W. *Bamboos biology, silvies, properties, utilization*. Eschborn, dt.Ges.fur.Techn. Zusammenarbeit (GTZ),1985, 132p.
- PEREIRA, M. A. R. P. *Viabilidade da utilização do bambu para fins de irrigação*- aspectos técnicos. Botucatu, 1992. 103p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas FCA, UNESP.