



DIMENSIONAMENTO DE BOMBAS HIDRÁULICAS COM USO DO SCILAB

Marcos Vinícius Evangelista Torres¹
Otávio Paulino Lavor²
Sharon Dantas Cunha³
Manoel Januário da Silva Júnior⁴
Wesley de Oliveira Santos⁵

RESUMO

O homem primitivo transportava água em baldes ou conchas, com a formação de grupos maiores, este processo foi mecanizado. Atualmente convivemos com modernas máquinas de fluxos e de grandes potências. No sistema de tubulação a vazão depende da potência da bomba e das perdas de cargas, distribuída e localizadas. Para se obter a vazão devida para o sistema de tubos pode-se aplicar a equação da energia e assim encontrar a potência necessária para o deslocamento do fluido. O presente trabalho tem por finalidade elaborar um algoritmo no Scilab para dimensionamento de bombas hidráulicas com o emprego das equações da Mecânica dos fluidos e da Hidráulica. Por meio de uma revisão bibliográfica, foi realizada a análise de conceitos e equações essenciais para o dimensionamento de bombas hidráulicas. O trabalho conduz o desenvolvimento do algoritmo por meio das equações que descrevem as perdas de cargas nos sistemas de tubulações hidráulicas. Dessa forma, pode-se concluir que o estudo da Mecânica dos Fluidos e da Hidráulica é de fundamental importância para o estudo de bombas, sobretudo, muito relevante no contexto da engenharia. E que os softwares estão facilitando cada vez mais a realização de projetos e obtenção dos referidos resultados.

Palavras-chave: Perda de carga. Escoamento. Número de Reynolds. Tubos.

INTRODUÇÃO

O homem primitivo transportava água em baldes ou conchas, com a formação de grupos maiores, este processo passou a ser mecanizado. As primeiras máquinas de fluxo desenvolvidas foram rodas de conchas e bombas de parafuso para elevar água (FOX; MCDONALD; PRITCHARD, 2015). Atualmente convivemos com modernas máquinas de fluxos e de grandes potências. A operação normal dessas máquinas consiste em oferecer energia ao líquido para que possa fornecer o trabalho representado pela transferência de seu peso entre dois pontos que se considerem, cessando as resistências que se apresentarem em seu percurso (MACINTYRE, 2016). Os sistemas de tubulações são encontrados em diversos projetos de engenharia e, por

¹ Graduado em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, marcosvinicius2@live.com;

² Professor Doutor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, otavio.lavor@ufersa.edu.br;

³ Professor Doutor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, sharondantas@ufersa.edu.br;

⁴ Professor Doutor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, mjanuario@ufersa.edu.br;

⁵ Professor Doutor da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, wesley.santos@ufersa.edu.br;



isso, foram e têm sido estudados extensivamente. Existe um escasso volume de teoria junto a uma ampla quantidade de experimentação (WHITE, 2011). De acordo com Çengel e Cimbala (2007) o fluido de um sistema de tubulação típico percorre através de várias conexões, válvulas, curvas, cotovelos, tês, entradas, saídas, extensões e reduções, além dos tubos. Esses elementos interrompem o escoamento suave do fluido e geram perdas adicionais devido à separação do escoamento e a mistura que eles induzem. Para um sistema de tubulação a vazão depende da potência da bomba e das perdas de cargas, distribuída e localizadas. Com isso, para que se obtenha a vazão necessária para o sistema de tubos pode-se aplicar a equação da energia e assim encontrar a potência necessária para o deslocamento do fluido. Desta forma, é possível reconhecer a importância da Mecânica dos fluidos e da Hidráulica no dimensionamento de bombas hidráulicas. Logo, o problema básico dos sistemas de tubulações é que com o fornecimento da geometria dos tubos (circular) e de seus componentes adicionais (conexões, válvulas, curvas, cotovelos, tês, entradas, saídas, extensões e reduções) mais a vazão desejada para o escoamento e as propriedades do fluido (WHITE, 2011). Partindo deste contexto, este trabalho tem por objetivo determinar a potência de bombas hidráulicas com o uso do Scilab, que se trata de uma linguagem de programação para diversas aplicações científicas e da engenharia.

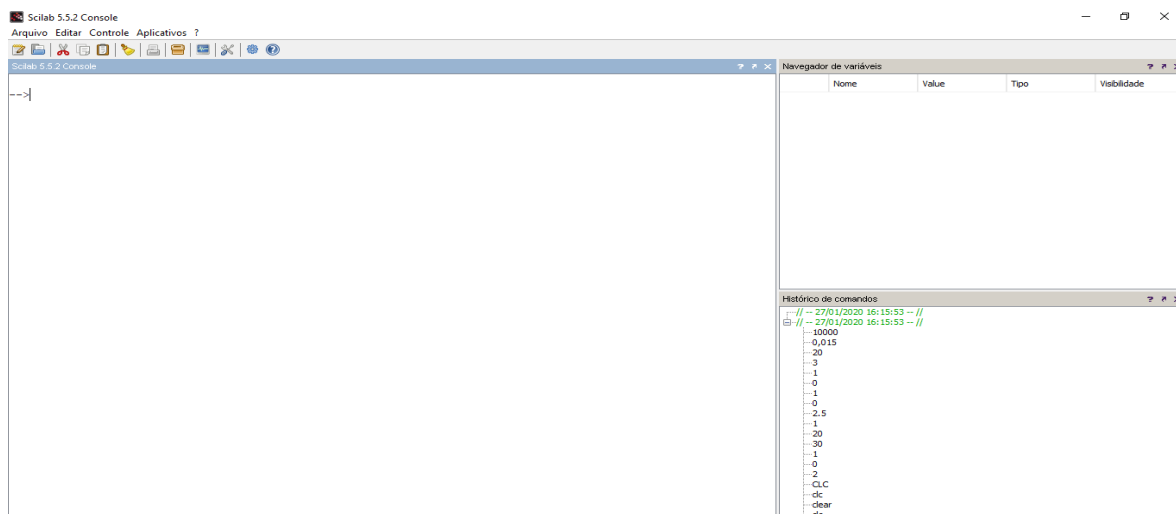
METODOLOGIA

Foi desenvolvido um algoritmo no SCILAB referente à perda de carga em condutos forçados visando o dimensionamento de bombas hidráulicas. A realização do algoritmo ocorreu por meio da utilização das equações de perda de carga, e a partir de um determinado projeto hidráulico foram fornecidos os dados do mesmo, ou seja, a vazão desejada, comprimento da tubulação do sistema, diâmetro da tubulação, tipos de acessórios e suas quantidades respectivamente, além do material da tubulação, para que dessa forma a potência da bomba seja determinada.

Durante a execução do Scilab várias janelas podem ser utilizadas, a janela de trabalho do Scilab 5.5.2, apresenta-se na figura 1.



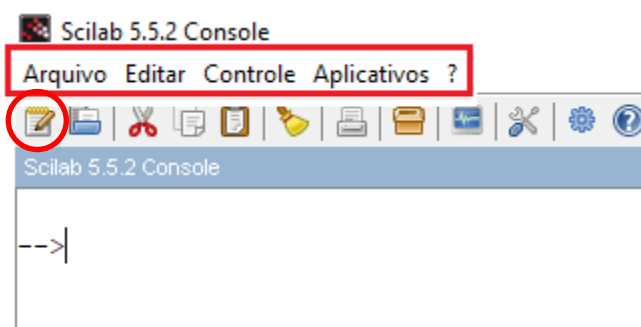
Figura 1: Tela inicial do Scilab.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

É no console do software onde podem ser realizados cálculos e compilados programas sem salvar as alterações. Ainda na tela inicial encontram-se a barra de menus suspenso com cinco opções: Arquivo, Editar, Controle, Aplicativos e Ajuda (?), conforme a figura 2. Em cada menu estão presentes sub-menus com suas respectivas funções.

Figura 2: Menus do Scilab.

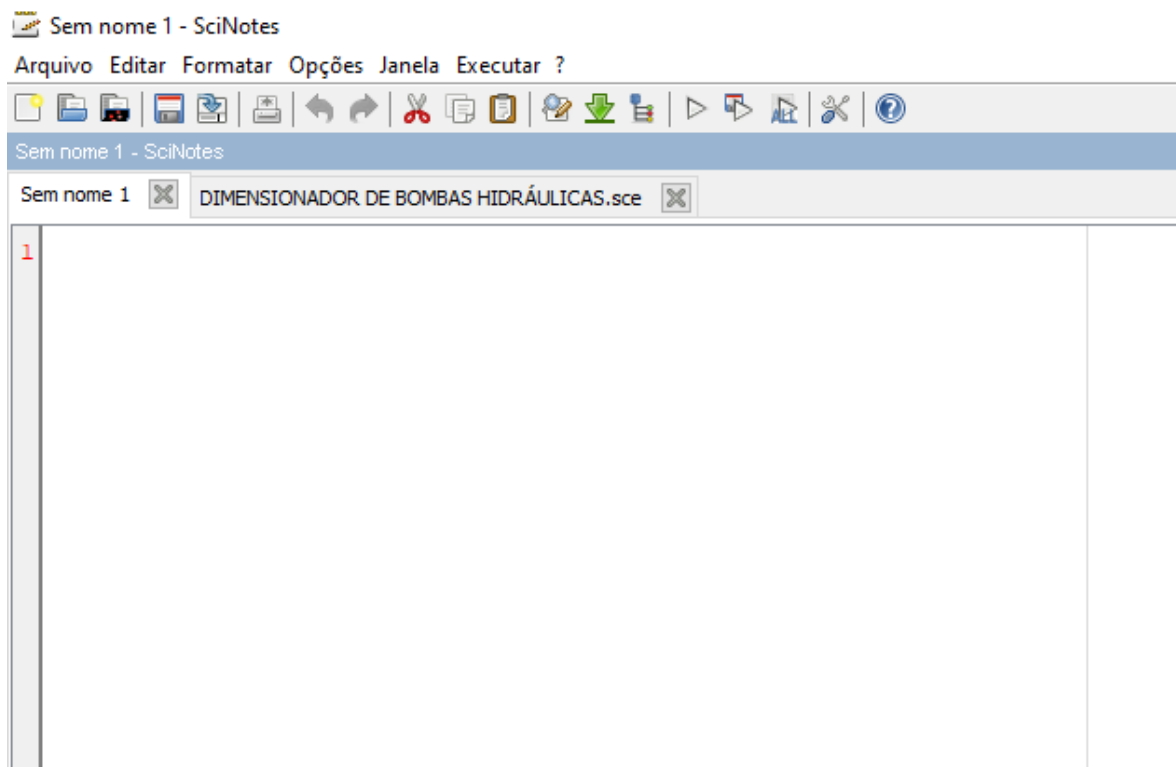


Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

O editor de textos do Scilab, SciNotes, onde pode ser elaborado o script de programas e funções pode ser acessado através do menu aplicativo ou diretamente no ícone, como apresenta-se na figura 2. É no SciNotes que é realizada toda a linguagem de programação, de acordo com a figura 3.



Figura 3: Página do SciNotes.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

Inicialmente são dadas algumas instruções e considerações de valores adotadas na construção do algoritmo para que haja a sua perfeita execução, conforme apresenta-se na figura 4. Outros valores introduzidos na construção foram às perdas de cargas localizadas, que foram adquiridas pela tabela fornecida pela empresa Tigre (Figura 5).

Figura 4: Instruções e considerações.

```
1 //Dimensionamento de bombas
2 //Viscosidade da água: 1,003*10^-3 pa.s
3 //Massa específica da água: 1000 kg/m^3 (água limpa)
4 //Gravidade: 9.81 m/s^2
5 //Rugosidade (PVC): 0.015mm
6 //Eficiência da bomba: 0.75
7 //1 Hp = 745,7 W
8 |
9 //Instruções:
10 //o bocal de sucção da bomba deve ser considerado
11 //como nível de referência.
12 clc
13 clear
```

Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

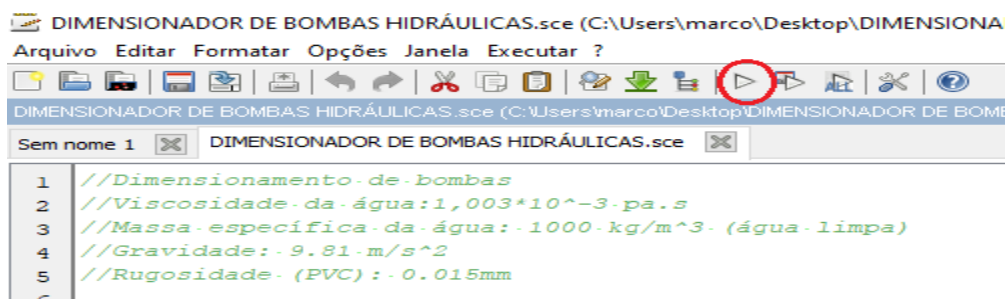


Figura 5: Tabela para obtenção dos comprimentos equivalentes

DE (mm)	D. ref. (pol.)	Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° Passagem Direita	Tê 90° Saída de lado	Tê 90° Saída Bilateral	Entrada Normal	Entrada de Borda	Saída de Canalização	Válvula de Pé e Crivo	Válvula de Retenção Tipo Leve	Válvula de Retenção Tipo Pesado	Registro de Globo Aberto	Registro de Gaveta Aberto	Registro de Ângulo Aberto
20	½"	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
25	¾"	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
32	1"	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
40	1¼"	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
50	1½"	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
60	2"	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
75	2½"	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
85	3"	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
110	4"	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1

As equações para obtenção dos resultados foram organizadas sequencialmente para que o algoritmo executasse corretamente. Para dar início a execução do algoritmo é necessário clicar no ícone executar (Figura 6), que instantaneamente abrirá o console do Scilab. É no console onde todos os dados são fornecidos ao programa para que seja possível a realização dos cálculos e a obtenção dos resultados.

Figura 6: Ícone de execução do algoritmo.

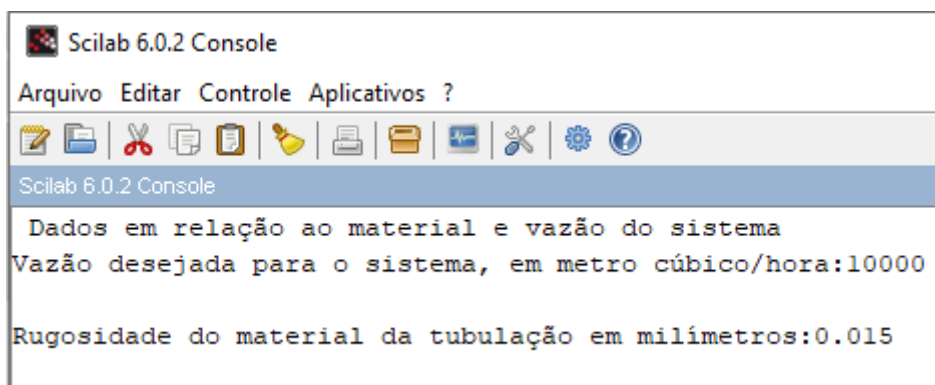


Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

Após clicar em executar, a página console (Figura 7) abrirá com todas as informações que requerem ser fornecidas pelo usuário, como é o caso da vazão, que deve ser fornecida em m³/h e a rugosidade do material em mm.



Figura 7: Console.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

Depois devem ser fornecidos dados e características das tubulações de sucção e recalque, diâmetro, comprimento, os acessórios utilizados na instalação e suas respectivas quantidades, além das distâncias da válvula de sucção e da descarga até o bocal de sucção da bomba hidráulica (Figura 8).

Figura 8: Execução do algoritmo.

```
Dados da tubulação de sucção:
Diâmetro da tubulação de sucção em milímetros:25
Comprimento total da tubulação de sucção:3.5
número de joelhos de 90 graus:1
número de joelhos de 45 graus:0
número de curvas de 90 graus:0
número de curvas de 45 graus:0
número de Tês com passagem direta de água:0
número de Tês com passagem lateral de água:0
```

Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

Depois do fornecimento de todos os dados é realizada a interação dos cálculos utilizados na criação do algoritmo, que por fim disponibiliza os resultados e a potência da bomba em Hp (Figura 9).



Figura 9: Obtenção do resultado.

```
Scilab 6.0.2 Console
Arquivo Editar Controle Aplicativos ?
Scilab 6.0.2 Console
Altura de descarga em relação ao bocal de sucção da bomba:2
A potência da bomba em HP é de:
    2.682D+09
--> |
```

Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foram utilizadas algumas instruções e considerações de valores adotadas na construção do algoritmo para que haja a perfeita execução deste, como ilustra a figura 10. Outros valores introduzidos na construção foram às perdas de cargas localizadas, que foram adquiridas pela tabela fornecida pela empresa Tigre (Figura 5).

Figura 10: Instruções e considerações.

```
DIMENSIONADOR DE BOMBAS HIDRÁULICAS.sce (C:\Users\marco\Desktop\DIMENS
Arquivo Editar Formatar Opções Janela Executar ?
DIMENSIONADOR DE BOMBAS HIDRÁULICAS.sce (C:\Users\marco\Desktop\DIMENSIONADOR DE
Sem nome 1 DIMENSIONADOR DE BOMBAS HIDRÁULICAS.sce
1 //Dimensionamento de bombas
2 //Viscosidade da água: 1,003*10^-3 pa.s
3 //Massa específica da água: 1000 kg/m^3 (água limpa)
4 //Gravidade: 9.81 m/s^2
5 //Rugosidade (PVC): 0.015mm
6 //Eficiência da bomba: 0.75
7 //I.Hp= 745,7 W
8 |
9 //Instruções:
10 //o bocal de sucção da bomba deve ser considerado
11 //como nível de referência.
12 clc
```

Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

Por meio do comando input (prompt para entrada do usuário), são expostas as mensagens com os passos que deve ser seguido para que o usuário possa fornecer as respectivas



informações de forma correta. Para que haja o dimensionamento é necessário ter o apropriado conhecimento do caso a ser resolvido. Logo, diversos valores tem que ser solicitado pelo algoritmo. A figura 11, apresenta alguns destes:

Figura 11: Valores solicitados pelo algoritmo.

```
15 printf("Dados-em-relação-ao-material-e-vazão-do-sistema")
16
17 Q = input("Vazão-desejada-para-o-sistema,-em-metro-cúbico/hora:")
18 r = input("Rugosidade-do-material-da-tubulação-em-milímetros:")
19
20 //Tubulação-de-sucção
21 printf("Dados-da-tubulação-de-sucção:")
22 D1 = input("Diâmetro-da-tubulação-de-sucção-em-milímetros:")
23 Lt1 = input("Comprimento-total-da-tubulação-de-sucção:")
24 n11 = input("número-de-joelhos-de-90-graus:")
25 n21 = input("número-de-joelhos-de-45-graus:")
26 n31 = input("número-de-curvas-de-90-graus:")
27 n41 = input("número-de-curvas-de-45-graus:")
28 n51 = input("número-de-Tês-com-passagem-direta-de-água:")
29 n61 = input("número-de-Tês-com-passagem-lateral-de-água:")
30 n71 = input("número-de-válvulas-de-retenção:")
31 n81 = input("número-de-Válvulas-de-pé:")
32 n91 = input("número-de-registros-de-globo:")
33 n101 = input("número-de-registros-de-gaveta:")
34 Z1 = input("Distância-entre-o-bocal-de-sucção-da-bomba-até-a-válvula-de-pé:")
35 h = input("profundidade-da-válvula-em-relação-ao-nível-da-água:")
36
```

Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

As equações foram utilizadas sequencialmente, por motivos de algumas dependerem de outras, logo, elas foram ordenadas da seguinte forma, conforme a figura 12.

Figura 12: Sequências das equações.

```
37 //Velocidade-do-escoamento-na-tubulação-de-sucção
38 V1 = (4*(Q/3600))/(3.1416*(D1/1000)^2)
39 //Número-de-Reynolds
40 Re1=(1000*V1*D1)/1.003
41 //Rugosidade-relativa
42 e1=r/D1
43 //Fator-de-atrito-pela-eq.-de-Haaland
44 f1=0.25*(log10((e1/3.7)+(5.74/(Re1^0.9))))^-2
45 //Comprimentos-equivalentes-dos-acessórios
46 if D1==20 then
47 //Joelho-90-graus
48 J901=1.1
49 //Joelho-45-graus
50 J451=0.4
51 //Curva-90-graus
52 C901=0.4
```

Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).



O comprimento equivalente dos acessórios é calculado de acordo com o diâmetro concedido pelo usuário. Sendo utilizados os diâmetros de 20 mm a 110 mm que são o mais usuais. Ainda para a tubulação de sucção, é utilizada a equação ilustrada na figura 13 para realização do comprimento total da sucção.

Figura 13: Procedimento para obtenção do comprimento total da tubulação de sucção.

```
158 end
159 L1=Lt1+(n11*J901)+(n21*J451)+(n31*C901)+(n41*C451)+(n51*T1)+(n61*T901)+(n71*V
R1)+(n81*VPC1)+(n91*RGL1)+(n101*RGV1)
```

Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

Para a tubulação de recalque é utilizado o procedimento análogo ao da tubulação de sucção. E por fim, após a solicitação de todas as informações necessárias, são utilizadas as equações de Steven, perda de carga e da energia, de acordo com a figura 14, para que desta forma se obtenha o resultado final, que é a potência da bomba em Hp.

Figura 14: Procedimento final.

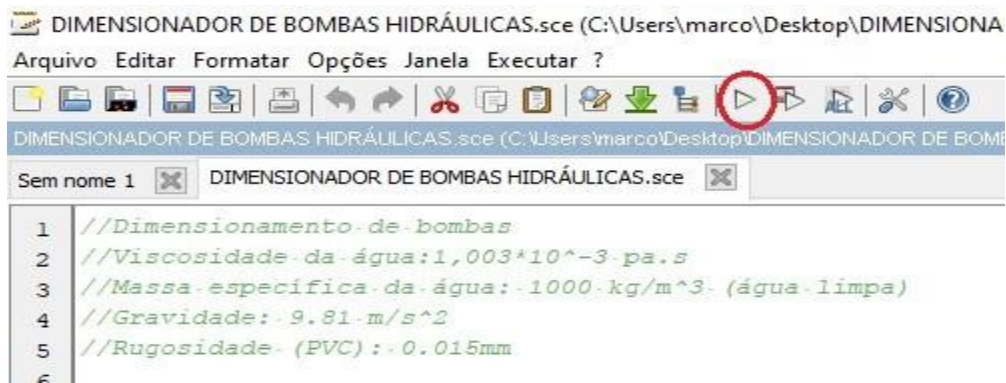
```
279 //Perda-de-carga-total-do-sistema
280 Hf1 = (f1*L1*V1^2)/(19.62*(D1/1000))
281 Hf2 = (f2*L2*V2^2)/(19.62*(D2/1000))
282
283 //Carga-da-bomba
284 P1=9810*h
285 P2=0
286 Hb = Hf1+Hf2+((P2-P1)/9810)+(((V2^2)-(V1^2))/19.62)+(Z2+Z1)
287
288 //Potência-da-bomba-em-HP
289 Pb = (9810*Hb*(Q/3600))/559
290 printf("A-potência-da-bomba-em-HP-é-de:")
291 disp(Pb)
```

Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

Para dar início a execução do algoritmo é necessário clicar no ícone executar (figura 15), que instantaneamente abrirá o console do Scilab. É no console onde todos os dados são fornecidos ao programa para que seja possível a realização dos cálculos e a obtenção do resultado.



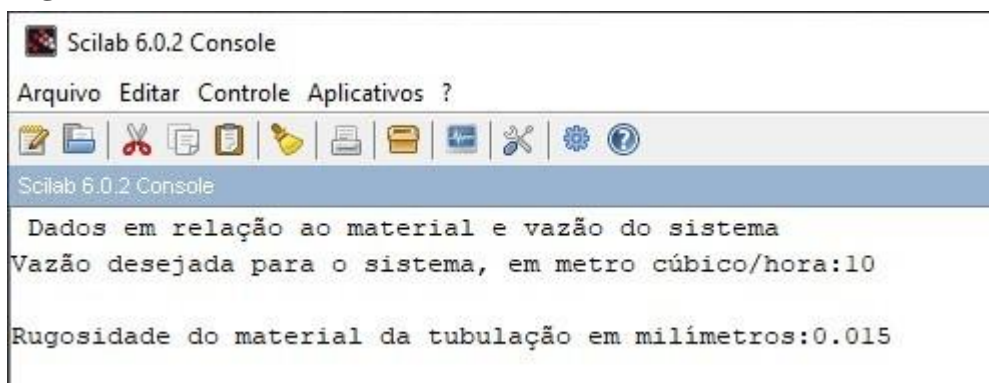
Figura 15: Ícone de execução do algoritmo.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

Após clicar em executar, a página console (Figura 16) abrirá com todas as informações que requerem ser fornecidas pelo usuário, como é o caso da vazão, que deve ser fornecida em m^3/h e a rugosidade do material em mm .

Figura 16: Console.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

Depois devem ser fornecidos dados e características das tubulações de sucção e recalque, diâmetro, comprimento, os acessórios utilizados na instalação e suas respectivas quantidades, além das distâncias da válvula de sucção e da descarga até o eixo da bomba hidráulica, conforme a figura 17.



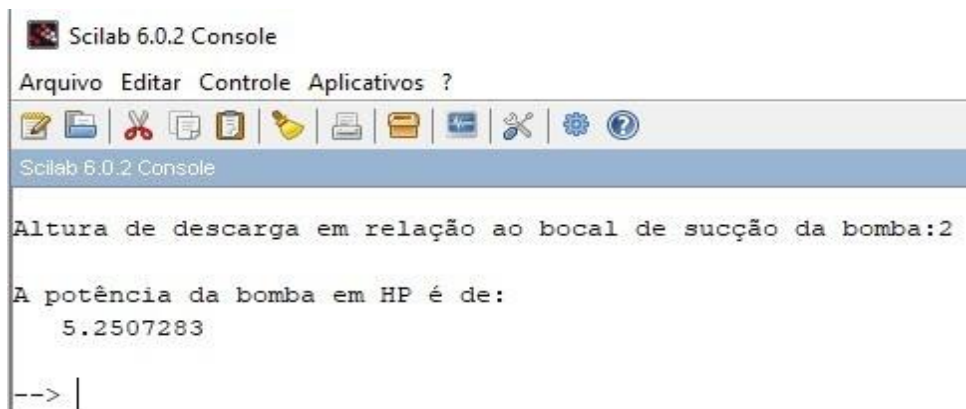
Figura 17: Execução do algoritmo.

```
Dados da tubulação de sucção:  
Diâmetro da tubulação de sucção em milímetros:25  
  
Comprimento total da tubulação de sucção:3.5  
  
número de joelhos de 90 graus:1  
  
número de joelhos de 45 graus:0  
  
número de curvas de 90 graus:0  
  
número de curvas de 45 graus:0  
  
número de Tês com passagem direta de água:0  
  
número de Tês com passagem lateral de água:0
```

Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

Com fornecimento de todos os dados é realizada a interação dos cálculos utilizados na criação do algoritmo, que por fim disponibiliza o resultado, potência da bomba em Hp (Figura 18).

Figura 18: Obtenção do resultado.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2020).

O presente algoritmo foi baseado nas equações da Mecânica dos Fluidos e Hidráulica, onde o resultado obtido pelo algoritmo é o mesmo obtido manualmente. O algoritmo foi criado apenas como ferramenta prática para maior rapidez do resultado e diminuição de erros nos cálculos.



A potência de bomba obtida é a potência a ser adicionada ao fluido. Portanto, a potência padronizada ou instalada do conjunto moto-bomba deve ser consultada em tabelas dos fabricantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A determinação da bomba para qualquer tipo de sistema é uma tarefa que exige um pouco de conhecimento técnico e do local a ser aplicado.

Foram fundamentais conhecimentos das áreas de Mecânica dos Fluidos, da Hidráulica além de um pouco de programação para a realização do algoritmo. A produção deste projeto foi bastante enriquecedora, pois foi possível por em prática grande parte dos conhecimentos adquiridos nas áreas de Mecânica dos Fluidos, Hidráulica e Cálculo Numérico.

Com a aplicação do algoritmo projetado, além da obtenção da potência da bomba hidráulica, facilita também na execução do projeto hidráulico obtendo de forma prática e rápida os referidos resultados.

REFERÊNCIAS

ÇENGEL, Y. A.; CIMBALA, J. M. **Mecânica dos Fluidos**: fundamentos e aplicações. São Paulo: McGraw-Hill, 2007.

FOX, R. W.; MACDONALD, A. T.; PRITCHARD, P. J. **Introdução à Mecânica dos Fluidos**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

MACINTYRE, A. J. **Bombas e instalações de bombeamento**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

WHITE, F. M. **Mecânica dos Fluidos**. 6. ed. Porto Alegre: AMGH Bookman, 2011.