



DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA CÁLCULO DE PROPRIEDADES DE SUBSTÂNCIAS E PERDA DE CARGA EM TUBOS

Diana Ramos Lima – e-mail: diana_eng.lima@yahoo.com.br

Instituição: Universidade Federal do Pampa, UNIPAMPA.

Endereço: Travessa 45, nº1650 - Bairro Malafaia - Bagé - RS

CEP 96413-170 – Bagé – RS

Ivaniza Cristina Borgmann – e-mail: ivanizacb@gmail.com

Instituição: Universidade Federal do Pampa, UNIPAMPA.

Endereço: Travessa 45, nº1650 - Bairro Malafaia - Bagé - RS

CEP 96413-170 – Bagé – RS

Paolla Polla – e-mail: paolla.polla@yahoo.com.br

Instituição: Universidade Federal do Pampa, UNIPAMPA.

Endereço: Travessa 45, nº1650 - Bairro Malafaia - Bagé - RS

CEP 96413-170 – Bagé – RS

Alexandre Denes Arruda – e-mail: alexandrearruda@unipampa.edu.br

Instituição: Universidade Federal do Pampa, UNIPAMPA.

Endereço: Travessa 45, nº1650 - Bairro Malafaia - Bagé - RS

CEP 96413-170 – Bagé – RS

Resumo: *Na atual conjuntura global, é de suma importância a formação de profissionais cada vez mais capacitados e habilitados para a execução de ações em prol do desenvolvimento tecnológico e da inovação científica. Com isso, cresce a necessidade de constante aperfeiçoamento nos métodos de ensino e incentivo ao aprendizado nas áreas das engenharias e suas tecnologias, possibilitando estudos que contribuam de forma positiva para a formação de futuros profissionais que passam a usufruir de artifícios e recursos tecnológicos, como softwares, na realização de tarefas como cálculos, antes resolvidos manualmente, de forma mais prática, rápida e confiável. O objetivo desse trabalho é desenvolver uma ferramenta que permite calcular a perda de carga em tubulações com diâmetros e rugosidades diferentes para escoamento de líquidos. Além de permitir o cálculo das propriedades físicas de misturas líquidas e substâncias puras de diferentes fluidos. O aplicativo aqui apresentado foi desenvolvido em Visual Basic, utilizando um banco de dados Access de modo a facilitar o cálculo de propriedades físicas, permitindo inserção das informações e variáveis significativas e obtendo-se a perda de carga para três condições de vazão (máxima, normal e mínima). As simulações provam a eficiência do aplicativo tendo em vista que houve pouca discrepância dos resultados teóricos. Sendo assim é possível afirmar que a utilização de aplicativos como este é uma ferramenta interessante para complementação no processo de formação acadêmica dos discentes, analisando-se seu fácil manuseio, e posteriormente um recurso de auxílio no dia-a-dia do engenheiro.*

Palavras-chave: *Perda de carga, Projetos Industriais, Aplicativos de Ensino.*

1. INTRODUÇÃO

Cálculos de perda de carga em tubulações e propriedades físicas de componentes são frequentemente requeridos em disciplinas de Mecânica dos Fluidos, Projetos e Cálculo de Equipamentos. Após o estudante adquirir o conhecimento teórico destes assuntos torna-se interessante o auxílio de aplicativos que facilitem a obtenção destes resultados permitindo maior atenção no dimensionamento e análise de um projeto particular em estudo.

Neste sentido o aplicativo desenvolvido permite calcular a perda de carga em tubulações com diâmetros e rugosidades diferentes para escoamento de líquidos, além de permitir o cálculo das propriedades físicas de misturas líquidas e substâncias puras de diferentes fluidos. Para isto, os coeficientes das equações para cálculo da massa específica e viscosidade, devem ser fornecidos pelo usuário ao banco de dados. O aplicativo foi desenvolvido em *Visual Basic* e *Access* da *Microsoft* e permite a instalação em sistemas *Windows 7, Vista e XP*.

2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

2.1. Perda de carga

Na dedução da equação de Bernoulli, considerando a hipótese do líquido ser perfeito, não é levado em conta a perda de energia ao longo da tubulação. Para que a equação seja aplicada a fluidos reais é necessário introduzir o termo h_f , chamado de perda de carga total, como mostra a Equação (1) (MATTOS & FAICO, 1998).

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_f \quad (1)$$

Os índices 1 e 2 se referem às seções do volume de controle onde o líquido esco conforme a Figura 1.

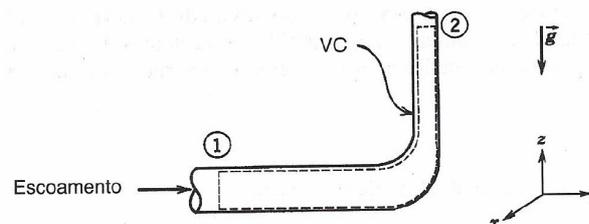


Figura 1. Escoamento de líquido em tubulações (FOX & MCDONALD, 1992)

A perda de carga total (h_f) dada pela Equação (2) é considerada como a soma das perdas distribuídas (h_d), devido aos efeitos do atrito no escoamento em tubos de seção constante, com as perdas localizadas (h_l) referente a entradas, acessórios, mudanças de áreas, etc.

$$h_f = h_d + h_l \quad (2)$$

A perda de carga distribuída para escoamento laminar é fornecida pela Equação (3), e para escoamento turbulento pela Equação (4).



$$h_l = \left(\frac{64}{\text{Re}} \right) \frac{L}{D} \frac{v^2}{2} \quad (3)$$

$$h_l = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2} \quad (4)$$

onde f é o fator de atrito, dependente de Reynolds e da rugosidade do tubo. Sendo L (m), D (m) e v (m/s) respectivamente o comprimento e diâmetro da tubulação e a velocidade de escoamento do líquido.

A Equação (5) fornece o valor de f , com um resultado de um por cento de erro, conhecendo-se as características do tubo e do escoamento (FOX & MCDONALD, 1992).

$$f = 0,25 \left[\log \left(\frac{e/D}{3,7} + \frac{5,74}{\text{Re}^{0,9}} \right) \right]^{-2} \quad (5)$$

As perdas de carga para escoamento através de válvulas e acessórios também podem ser expressas em termos de um comprimento equivalente Leq (m) do tubo retilíneo. E calculado através da Equação (6) (CRANE, 1982).

$$Leq = D * C \quad (6)$$

Onde:

C é o comprimento equivalente adimensional.

D é o diâmetro da tubulação em metros.

2.2. Propriedades de substâncias

Para o cálculo da perda de carga é necessário fornecer informações da massa específica e viscosidade do fluido na temperatura de escoamento. As equações utilizadas são dependentes da temperatura e calculadas segundo as Equações (7) e (8).

$$\rho = A \left[B^{-\left(1-T/T_c\right)^n} \right] \quad (7)$$

$$\log(\mu) = A + \frac{B}{T} + C.T + D.T^2 \quad (8)$$

Onde:

T = Temperatura (K)

T_c = Temperatura crítica (K)

μ = Viscosidade (cP)

ρ = massa específica (g/cm³)

E as constantes A , B e C são os coeficientes tabelados e disponíveis na literatura (YAWS, 2004).

Exemplificando a utilização destas equações temos na temperatura de 293,15 K o valor tabelado da massa específica igual a $879,0 \text{ kg/m}^3$ para o benzeno (HIMMELBLAU, 1982) e de 590.10^{-6} Pa.s para a viscosidade do tolueno (PERRY *et al*, 2008). Os valores calculados pelas Equações (7) e (8) fornecem $877,8 \text{ kg/m}^3$ e 598.10^{-6} Pa.s para massa específica e viscosidade respectivamente.

2.3. Aplicativo computacional

No aplicativo desenvolvido, o valor de Le (m) é calculado adicionando o número de válvulas, acessórios ou curvas existentes no trecho de tubulação. O comprimento equivalente é fornecido em metros conforme mostra a Figura 2.



Item	Quantidade	Item	Quantidade	Item	Quantidade
Joelho Reto 90:	0	Válvula Globo Convencional:	0	Válvula Retenção Portinholo:	0
Curva Normal 90:	0	Válvula Globo Y 45 c/corpo:	0	Válvula de Retenção Globo:	0
Curva Normal 45:	0	Válvula Globo Y 60 c/corpo:	0	Válvula de Retenção de Ângulo:	0
Curva Média 90:	0	Válvula Globo Ângulo:	0	Válvula de Retenção de Esfera:	0
Curva Longa 90:	0	Válvula Borboleta >+6°:	0	Derivação a 45 (saída):	0
Curva Retorno Fechada:	0	Válvula Gaveta 100% aberta:	0	Derivação a 45 (entrada):	0
Curva Retorno Média:	0	Válvula Gaveta 75% aberta:	0	Expansão Brusca 1/4:	0
Tê Normal (reto):	0	Válvula Gaveta 50% aberta:	0	Expansão Brusca 1/2:	0
Tê Normal 90 (ângulo):	0	Válvula Gaveta 20% aberta:	0	Expansão Brusca 3/4:	0
Tê Normal 90 (div. fluxo):	0	Válvula Macho Convencional:	0	Contração Brusca 1/4:	0
Tê c/ redução 1/2:	0	Válvula Macho 3 vias (reto):	0	Contração Brusca 1/2:	0
Tê c/ redução 1/4:	0	Válvula Macho 3 vias (ângulo):	0	Contração Brusca 3/4:	0

Figura 2. Cálculo do comprimento equivalente.

As propriedades de misturas de líquidos são calculadas utilizando composições molares fornecidas ao aplicativo como mostra a Figura 3.

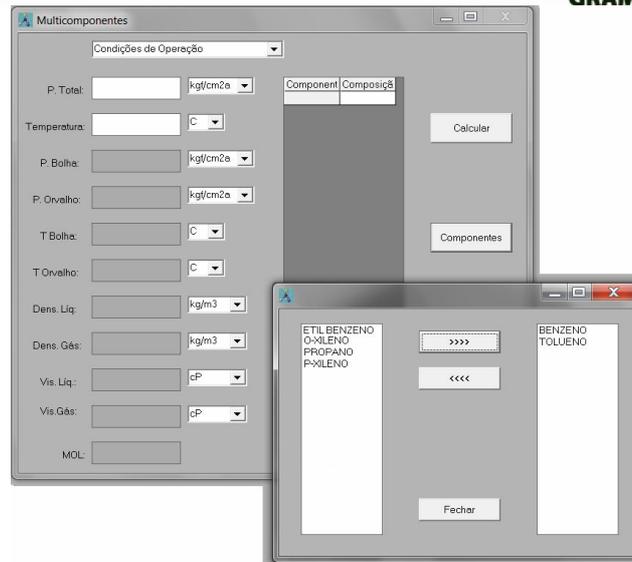


Figura 3. Cálculo de propriedades de substâncias.

Um banco de dados *Access* permite inserir as informações dos coeficientes das equações de massa específica e viscosidade, da temperatura crítica e da massa molar das substâncias puras.

A perda de carga é calculada fornecendo o tipo de substância, a rugosidade da tubulação, o diâmetro e o *Schedule*. Informações sobre o comprimento total da tubulação (incluindo o comprimento equivalente), a diferença de altura, a temperatura e a vazão de operação devem ser fornecidas. O aplicativo permite calcular a perda de carga para três condições de vazão (máxima, normal e mínima).

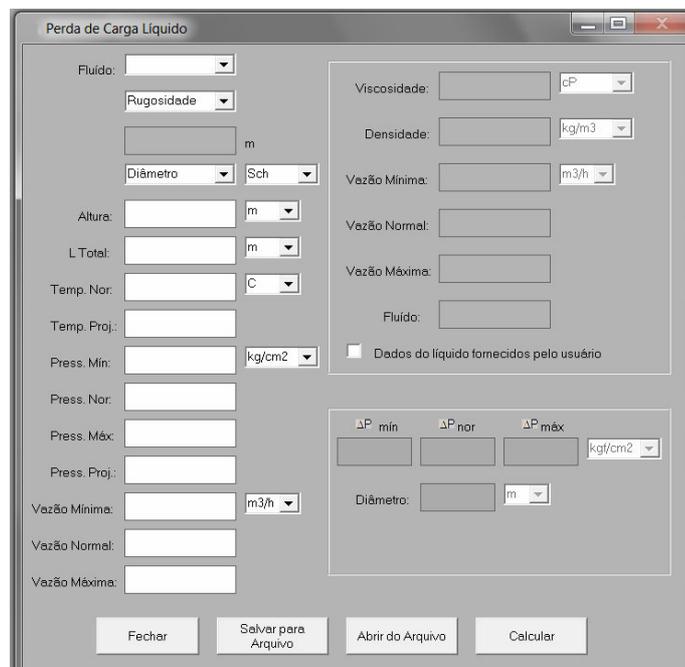


Figura 4. Cálculo da perda de carga.

No canto superior direito da Figura 4 o usuário tem condições de fornecer informações previamente conhecidas, não sendo necessários os cálculos da massa específica e viscosidade através da temperatura.

A queda de pressão, em kg/cm^2 , e o diâmetro interno da tubulação, em polegadas ou metros, são apresentados na parte inferior da Figura 4.

3. ESTUDO DE CASO

Suponha a situação onde uma bomba centrífuga envia uma mistura de hidrocarbonetos para um vaso passando por uma válvula de controle, conforme dados na Tabela 1. Conhecendo-se os detalhes da instalação, determinar as pressões mínima, máxima e normal à montante da válvula.

Tabela 1. Características do trecho de tubulação e do escoamento.

Diâmetro, in	2
Comprimento da tubulação desde a bomba até a válvula, m	30
Tubo de aço carbono	sch 40
Número de curvas 90	6
Número de Tê normal	1
Número de válvulas de retenção portinhola	1
Número de válvulas gaveta 100% aberta	2
Vazão, m^3/h mínima / normal / máxima	6,0 / 8,0 / 12,0
Pressão montante da bomba, kg/cm^2 mínima / normal / máxima	9,0 / 7,0 / 4,0
Composição molar benzeno / tolueno / o-xileno	0,3 / 0,5 / 0,2
Temperatura, K	343,15

Com o aplicativo determinam-se as propriedades físicas de massa específica e viscosidade da mistura, conforme a Figura 5 como sendo $835,78 \text{ kg/m}^3$ e $367,7 \cdot 10^{-6} \text{ Pa.s}$. O comprimento equivalente é calculado igual a $Leq = 17,7$ metros.

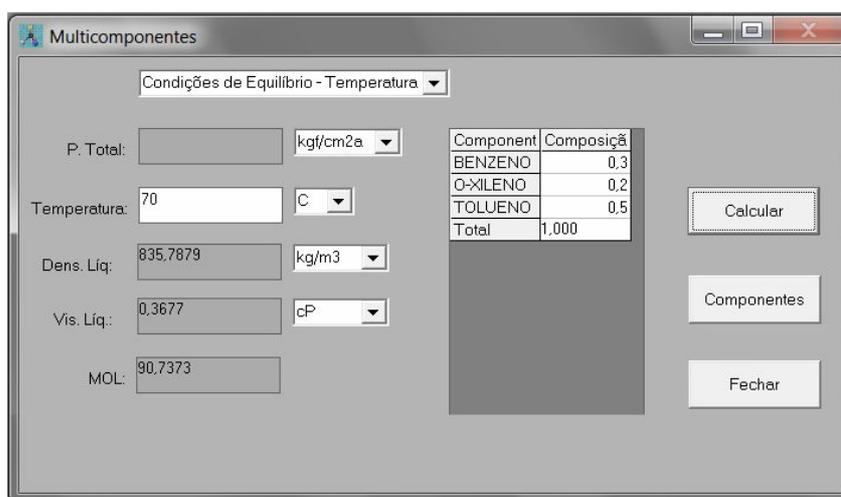


Figura 5. Mistura de componentes hidrocarbonetos.

Com as informações da Tabela 1 e propriedades da mistura, calcula-se a queda de pressão na tubulação, conforme a Figura 6.

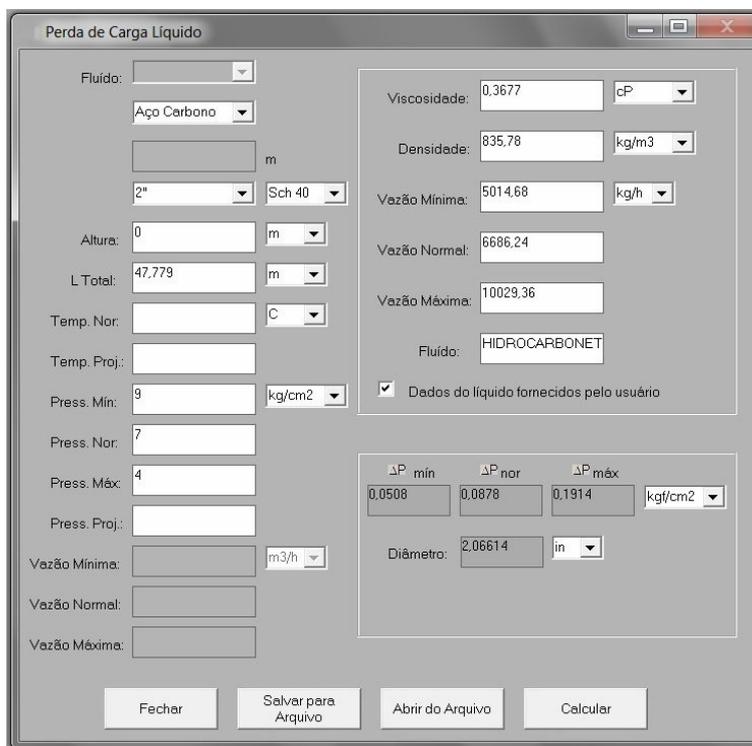


Figura 6. Cálculos da queda de pressão.

Os resultados finais da perda de carga e a pressão a montante da válvula de controle são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados obtidos.

	Mínimo	Normal	Máximo
ΔP , kg/cm ²	0,0508	0,0878	0,1914
Pressão montante válvula, kg/cm ²	8,95	6,91	3,81

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o aplicativo a resolução dos cálculos permite que o estudante possa verificar as respostas obtidas com rapidez. Neste sentido é estimulada a reflexão e a análise crítica destes resultados favorecendo avaliar modificações na solução do problema ou projeto.

No estudo de caso a queda de pressão calculada manualmente foi igual a 0,0415, 0,0794 e 0,187 kg/cm² nas vazões mínima, normal e máxima respectivamente. A pequena diferença nos resultados em relação ao aplicativo indica que as respostas são adequadas frente ao tempo necessário para o cálculo manual.

A Tabela 3 mostra os resultados comparados com o Simulador DWSim.

Tabela 3. Resultados de ΔP (kg/cm²) obtidos com simulador.

	Mínimo	Normal	Máximo
Aplicativo proposto	0,0508	0,0878	0,1914
DWSim	0,0453	0,0805	0,1811

Este trabalho está em desenvolvimento e pode ser estendido para cálculos de perda de carga em tubulação com fluidos gasosos e também na determinação de novas propriedades de substâncias como pressão de vapor, capacidade calorífica e temperaturas de bolha e orvalho de misturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRANE COMPANY, "Flow of Fluids through Valves, Fittings, and Pipe," New York, Technical Paper No. 410, 1982.

DWSIM Wiki, Disponível em: <dwsim.inforside.com.br/> Acesso em: 29 jul. 2013.

HIMMELBLAU, D. M. Engenharia Química. Princípios e Cálculos. 4. ed. Rio de Janeiro, RJ, Prentice-Hall do Brasil, 1982.

MATTOS, E. E., FAICO, R. Bombas Industriais. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ.:Interciência, 1998.

PERRY, R. H., GREEN, D. W., MALONEY, J. O. Perry's Chemical Engineers' Handbook. 8. ed., New York, NY: McGraw Hill, 2008.

REID, R. C., PRAUSNITZ, J. M., POLING, B. E. The properties of gases and liquids 4. ed. Boston, MA: McGraw Hill, 1987.

YAWS, C. L., The Yaws Handbook of Thermodynamic Properties for Hydrocarbons and Chemicals Norwich, NY: Knovel, 2004.



DEVELOPMENT OF SOFTWARE TO CALCULATION OF PROPERTIES OF SUBSTANCES AND PRESSURE DROP IN PIPES

***Abstract:** In the actual global conjuncture, is extremely important the formation of professional increasingly empowered and enabled for the execution of actions for technological development and scientific innovation. With that, grow the needy of constant improvement on the methods of teaching and encouragement of learning in the engineering areas and it's technologies, enabling studies that contribute positively to the formation of future professional that starts to use of trickery and technological resources, like softwares, performing tasks such as calculations, before solved manually, most practical, faster and more reliable. The subject of this work is develop a tool that which allows to calculate the pressure loss in pipes with different diameters and roughness for liquid flow. Beyond allow the calculating the physical properties of liquid mixtures and pure substances of different fluids. The software presented here was developed in Visual Basic, using an Access database in order to facilitate the calculation of physical properties, allowing insertion of information and significant variables and obtaining a pressure drop for three flow conditions (maximum standard and minimum). The simulations proved the efficiency of the software taking into account that there was no significant difference in the theoretical results. Thus it can be said that the use of applications like this is an interesting tool to complement the academic learning process of students, analyzing its easy handling, and subsequently an appeal for assistance in day-to-day engineering.*

***Key-words:** Pressure drop, Industrial Projects, Educational Software.*