



X Congresso Brasileiro de Engenharia Química Iniciação Científica

“Influência da pesquisa em Engenharia Química no desenvolvimento tecnológico e industrial brasileiro”

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Universidade Severino Sombra
Vassouras – RJ – Brasil

DESENVOLVIMENTO DE SIMULADOR EDUCACIONAL, EM LINGUAGEM PYTHON PARA ANÁLISE DE ESCOAMENTO MONOFÁSICO EM TUBOS

MIRANDA¹, S. A. R.; VOLPATTO*¹, D. T.; SOUZA², D. F. S.

¹Aluno do DEQ/UFRN ²Professor do DEQ/UFRN

Departamento de Engenharia Química-Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Endereço – UFRN, Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal, RN – CEP 59078-900,
email: domingos.fabiano@gmail.com

RESUMO–Na projeção de equipamentos e processos a premissa é o conhecimento prévio do fluido de escoamento. As condições de escoamento influenciam diretamente em cálculos para a determinação do (a) diâmetro da tubulação; (b) vazão volumétrica e (c) queda de pressão e, com consequências nas etapas seguintes do projeto de processos. Diferentes estratégias de resolução podem ser adotadas para a simulação do escoamento, com destaque para as estratégias rigorosas que fazem uso das ferramentas de fluidodinâmica computacional e, métodos simplificados fundamentados em balanços macroscópicos de massa, momento e energia acoplados a correlações empíricas para a predição do fator de fricção. Estas ferramentas são, em sua maioria, licenciadas e comercializadas por empresas e possuem um custo elevado para aquisição e uso acadêmico. Deste modo a motivação do presente trabalho é o desenvolvimento de um simulador acadêmico para a análise de escoamentos e que no futuro torne-se compatível com as ferramentas comerciais. O objetivo inicial é a análise estacionária do escoamento monofásico utilizando-se da abordagem simplificada de resolução. Contudo o simulador possui desdobramentos para a simulação dinâmica e acoplamentos de correlações para escoamento multifásico. O ambiente de simulação e as bibliotecas numéricas foram desenvolvidas em linguagem Python. Exemplos da literatura foram utilizados para a validação do simulador.

Palavras chave: análise estacionária, fluidodinâmica computacional, escoamento monofásico de fluidos.

INTRODUÇÃO

A análise do escoamento de um fluido em um processo ou equipamentos é de suma importância para se alcançar a eficiência desejada destes. Para a realização desta tarefa é necessário o estudo do comportamento do fluido através da tubulação com o objetivo de

evitar sub e superdimensionamento de equipamentos e utilização de tubulações com material não adequado ao fluido, evitando gastos desnecessários. Embora a teoria do escoamento de fluidos seja razoavelmente bem compreendida, as soluções teóricas são obtidas apenas para alguns poucos casos simples, como o escoamento monofásico, laminar,

*Bolsista de Iniciação Científica FUNPEC/ANP/UFRN

totalmente desenvolvido em um tubo circular longo (Çengel e Cimbala, 2007). Dessa forma, uma abordagem comumente utilizada prioriza os resultados experimentais e as relações empíricas que, na maioria das vezes, são complicadas e necessitam de um tempo considerável para a resolução. Em contrapartida, fluidodinâmica computacional pode agilizar a resolução destes problemas, mas carecem de um conhecimento prévio em métodos computacionais; gerações e refinamento de malhas numéricas e uso de uma biblioteca numérica para resolução com custo acessível.

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um simulador para o estudo e a análise de escoamento de fluidos monofásicos. A finalidade primordial é disponibilizar aos acadêmicos do curso de engenharia e ciências correlatas um software livre com características equivalente a de um software comercial que permita desenvolver projetos em escoamento de fluidos.

MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi todo desenvolvido em linguagem Python 2.7.5 (Rossum, 2013; Borges 2010), bem como ferramentas da biblioteca padrão. O desenvolvimento da interface gráfica foi realizado com o auxílio da biblioteca *open source* wxPython 2.8.12 (Rappin e Dunn, 2006; Dunn, 2013). Para auxiliar no processo de salvar/carregar arquivos e cálculos matemáticos foram utilizadas:

- (a) Bibliotecas padrões Pickle; que permite converter praticamente todo objeto Python em uma representação string;
- (b) ZipFile, para manusear arquivos compactados;
- (c) Os, que oferece maneiras de utilizar funcionalidades que dependem do sistema operacional;
- (d) Math que fornece funções e constantes matemáticas.

O código foi construído utilizando o Portable Python 2.7.5.1 e a IDE Spyder 2.2.0. Por serem caracterizadas como de licença

livre, as ferramentas computacionais citadas anteriormente possuem a garantia do uso legal.

Inicialmente, o simulador é capaz de calcular perdas de cargas utilizando como fluido a água, porém, possui desdobramentos para a implementação da avaliação da queda de pressão e diâmetro da tubulação em outros tipos de fluidos. Além disso, o modelo possui extensão para a simulação dinâmica e adição de correlações para a análise de escoamentos multifásicos.

A estimativa da perda de carga total é inferida através da soma das perdas distribuídas e das perdas localizadas, respectivamente, as Equações 1 e 2.

$$h_D = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V_{med}^2}{2 \cdot g} \quad (1)$$

$$h_l = K \cdot \frac{V_{med}^2}{2 \cdot g} \quad (2)$$

Para o cálculo do fator de fricção em regime turbulento, utilizou-se a equação de Colebrook e White (Fox, 2006), representada pela Equação 3. Um método iterativo para a estimação do fator de fricção foi empregado na avaliação do mesmo.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -0,86 \cdot \ln \left(\frac{e}{D} \cdot \frac{1}{3,7} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right) \quad (3)$$

São dadas as entradas de dados referentes ao tipo de acessório e/ou equipamentos utilizados para a simulação, bem como os seus respectivos dados. Em um segundo momento, para a realização do cálculo da perda de carga, é necessário a inserção dos dados referentes ao fluido como a viscosidade e vazão.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicializando o programa, surge a tela principal do “Simulador de Escoamentos” – Figura 1, onde é possível carregar simulações realizadas anteriormente ou iniciar um novo projeto de escoamento.

Para a inserção de equipamentos e acessórios é utilizada a caixa de ferramentas localizada do lado esquerdo conforme representado nas Figuras 2(a) e 2(b).

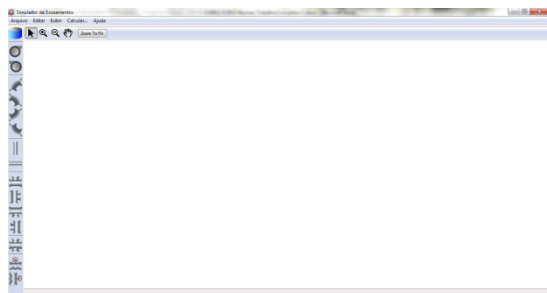
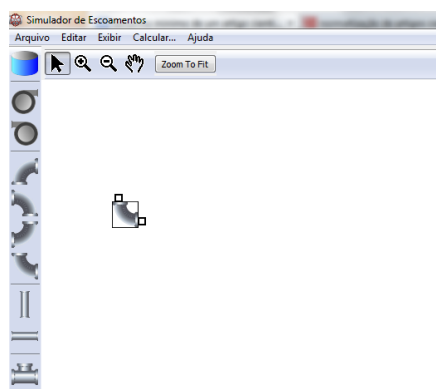
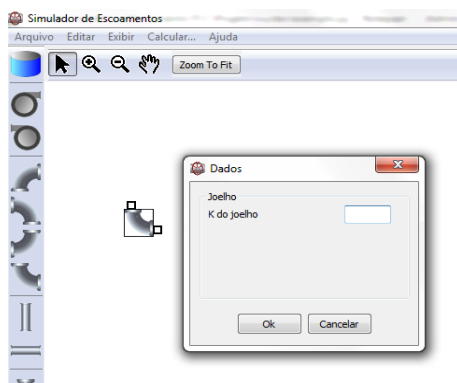


Figura 1 – Tela inicial do “Simulador de Escoamentos”.

Ao clicar no equipamento ou acessório desejado e novamente no local desejado, ele é adicionado. Para inserir dados neste último, basta clicar uma vez sobre ele.



(a)



(b)

Figura 2 – (a) Tela apenas com a adição do acessório e (b) Tela com a adição do acessório e sub-tela para a inserção de dados deste.

Para conectar um equipamento ou acessório a outro, deve-se clicar no quadrado pequeno localizado na entrada/saída de cada um, no sentido que se deseja tomar para o fluxo do fluido (ver Figura 3).

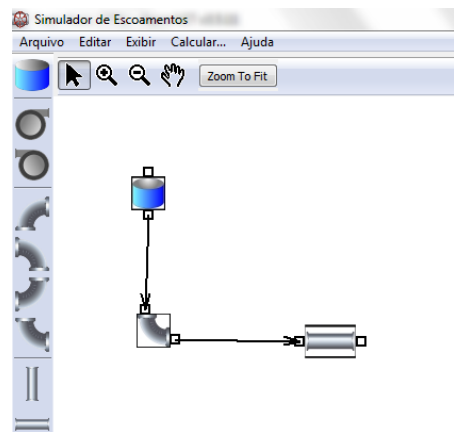


Figura 3 – Equipamento e acessórios conectados no sentido do fluxo.

Para a validação do simulador foi utilizado o exemplo de escoamento de água a temperatura constante de 20°C de um tanque para outro através de tubulações, representado na Figura 4.

Inicialmente a água sai de um tanque, passa por um tubo horizontal de 20 metros de comprimento que possui uma válvula e, em seguida por um joelho, para seguir por um outro tubo vertical com comprimento de 10 metros. Após este último, o líquido segue por outro joelho para entrar em um terceiro tubo horizontal, com 20 metros de comprimento, que está ligado ao segundo tanque.

Para a resolução deste problema são utilizadas as seguintes considerações: escoamento monofásico, incompressível, os tanques estão abertos, o tubo é de ferro forjado com diâmetro de 10 cm. Os valores de K para cada equipamento e acessório encontram-se na Tabela 1.

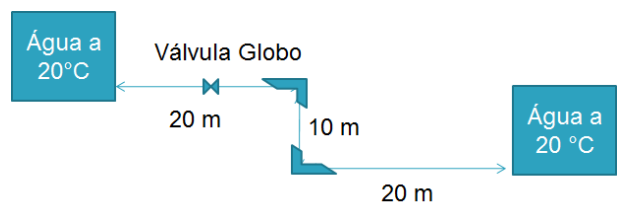
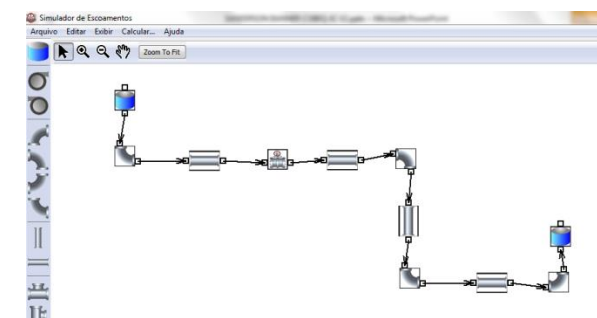


Figura 4 – Representação esquemática do escoamento

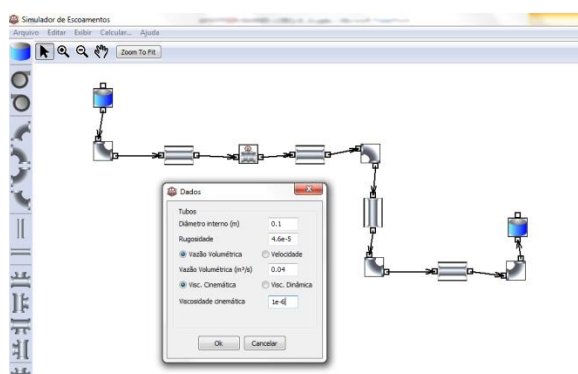
	Válvula	Cotovelo	Tanque	
			Entrada	Saída
K	5,7	0,64	1	0,5

Tabela 1 – Valores dos coeficientes de perda (Potter e Wiggert, 2004)

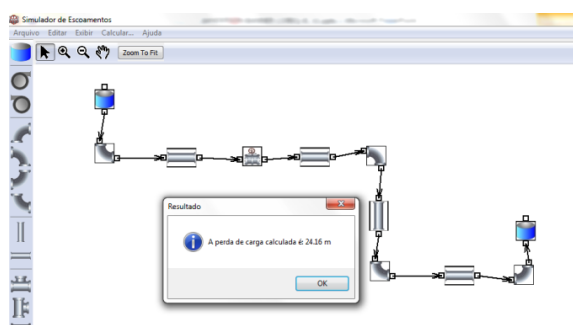
Após a inserção de todos os dados – Figura 5(a), deve-se clicar em “Calcular...” e em seguida na opção “Cálculo da perda de carga”. Na Figura 5(b) são inseridos mais alguns dados sobre o fluido, e tubulação. Depois de adicionados, o clique no botão “Ok” resultará em uma janela com o resultado – Figura 5(c). O valor estimado para o fator de fricção foi de 0,017 e a perda de carga calculada foi de 24,16 m.



(a)



(b)



(c)

Figura 5 – Validação do projeto (a) Projeto inserido no software; (b) adição de dados sobre o fluido e tubulação; (c) resultado do cálculo.

CONCLUSÃO

Apesar de estar em fase inicial de desenvolvimento, o *software* se mostra como

uma ferramenta útil para cálculos de perdas de carga, podendo ser utilizado educacionalmente como ferramenta de auxílio para o estudo e análise de escoamentos.

NOMENCLATURA

D : diâmetro, m
 e : Rugosidade de superfície média, m
 f : Fator de fricção, adimensional
 g : Aceleração da gravidade, m/s^2
 h_D : Perdas de carga distribuída, m
 h_l : Perda de carga localizada, m
 K : Coeficiente de perda, adimensional
 L : Comprimento da tubulação, m
 Re : Número de Reynolds, adimensional
 V_{med} : Velocidade média do fluido, m/s

REFERÊNCIAS

- BORGES, L. E (2010). Python para Desenvolvedores. 2 ed. Rio de Janeiro: Edição do Autor, 2010.
- ÇENGEL, Y. A., CIMBALA, J. M. (2007), Mecânica dos Fluidos – Fundamentos e Aplicações. Editora McGraw-Hill, São Paulo, 284 p.
- DUNN, Robin. WxPython 2.8.12.1. Disponível em: <www.wxpython.org>. Acesso em: 06 jul. 2013, 09:10:15.
- FOX, R. W. (2006), Introdução à Mecânica dos Fluidos 6 ed. Editora LTC, Rio de Janeiro, 348 p.
- POTTER, M. C., WIGGERT, D. C.. (2004), Mecânica dos Fluidos, 3 ed., Editora CENGAGE Learning, 690 p.
- RAPPIN, N., DUNN, R. (2006), WxPythonInAction. Editora Manning, Greenwich.
- ROSSUM, Guido Van. Python ProgrammingLanguage. Disponível em: <www.python.org>. Acesso em: 05 jul. 2013, 14:30:30.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, aos meus familiares, amigos e ao meu orientador, que sempre me apoiaram moralmente ou intelectualmente no desenvolvimento deste trabalho.