

INEDITA FORMULA ALTERNATIVA PARA SIMULAR O COEFICIENTE DE FRIÇÃO NO TURBULENTO LISO EM FUNÇÃO DA VAZÃO E DO DIAMETRO

RESUMO

O Departamento engenharia mecânica aeroespacial de Princeton e o Departamento de física da Universidade de Oregon em 2004 desenvolvem uma serie de experiências sobre o coeficiente de fricção experimental utilizando o ultimo de tecnologia de medição. Estes dados sobrepostos foram a base de um artigo no qual é desenvolvida uma fórmula **iterativa** para o coeficiente de fricção em função do número de Reynolds com erros menores de 1.25% para $31000 < Re < 3500000$ e 0.5% para $300000 < Re < 13600000$. Mas após realizar os cálculos correspondentes ponto a ponto usando Solver e Atingir meta para determinar o coeficiente de fricção o maior erro achado foi na faixa do **5%**

Utilizando as pesquisas inéditas do próprio autor na área de ajuste de curvas como ser a maximização do erro unitário porcentual e mudar os dados originais em lugar das curvas de ajuste (apresentada em previas versões da Fenasan) desenvolveu-se uma fórmula que tem um erro menor

2% para $3000 < Re < 1500000$ (usando as faixas de valores utilizados na prática)

Cabe ressaltar que as fórmulas desenvolvidas não são iterativas o que facilita muito a aplicação prática e implementação em softwares e planilhas eletrônicas

PALAVRAS-CHAVE: Numero de Reynolds, Minimização do erro unitário porcentual, Ajuste de curvas

INTRODUÇÃO

Este trabalho surge na inspiração do meu ex-orientador e amigo Professor Doutor Podalyro Amaral de Souza no qual me apresenta o trabalho desenvolvido pelas universidade de Princeton e Oregon, no qual me emocionou ter dados experimentais prolixos e o desafio de uma curva com um erro, a meu ver, elevado, sendo minha área o ajuste de fórmulas meu objetivo se centra em desenvolver uma fórmula com um erro menor que a desenvolvida pelos colegas das universidades americanas porem com o desafio de desenvolver uma fórmula que não seja iterativa devido aos pequenos problemas que podem surgir nos softwares de aplicação da mesma

MATERIAIS E METODOS

O método será por simples comparação de resultados da fórmula apresentada por Princeton e a desenvolvida no artigo

O texto em questão usado e a referência bibliográfica é Friction factors for smooth pipe flow J. Fluid Mech. (2004), vol. 511, pp. 41–44. c_ 2004 Cambridge University
DOI:.1017/S0022112004009796

Outros textos usados são:

ANALISE DOS ERROS CONCEITUAIS DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO E PROPOSTA DO MENOR ERRO PERCENTUAL PONTUAL COMO MEDIDA DE COMPARAÇÃO ENTRE DOIS GRUPOS DE DADOS

Ao desenvolver algumas pesquisas utilizando o coeficiente de correlação, percebeu-se erros estranhos de grande magnitude no limite inferior das curvas, na faixa que tem os menores valores numéricos, erros de simulação de até 100% e numa faixa de até 50% dos valores totais entre o simulado e o experimental, por mais que entre as curvas existe-se um coeficiente de correlação na faixa do 0.99X.

Este problema intrigou o desenvolvimento de um estudo aprofundado do coeficiente de correlação, seus conceitos teóricos e o ajuste por mínimos quadrados, nos quais foram achados dois

problemas muito graves que se aplicados podem levar a resultados equivocados e até incoerentes (tendo dois exemplos muito ilustrativos nos gráficos do artigo principal). O primeiro problema do coeficiente de correlação é a acumulação de dados, se temos uma grande quantidade de dados acumulados numa certa faixa de valores o coeficiente de correlação tende a essa acumulação e guia-se por esta quantidade de informação e não qualidade da informação que seria a tendência real do fenômeno físico, fornecendo valores elevados do coeficiente mais a tendência do fenômeno completamente errada. O segundo problema determinado é a falta de fator ponderativo de escala, os erros numéricos quando os valores são bem pequenos e grandes são considerados praticamente iguais, este fato faz que em todas as faixas de valores pequenos exista sempre um erro muito grande percentual entre valores simulados e valores experimentais. Criou-se uma outra medida de controle batizada de Menor porcentagem de erro pontual que elimina ambos dos erros, em 6 curvas experimentais utilizadas até agora mostrou-se um comportamento perfeito que a do coeficiente de correlação.

Uma grave e polemica preocupação que surge após o desenvolvimento desta pesquisa é a enorme quantidade de modelos que utilizaram o coeficiente de correlação para sua calibração ou desenvolvimento.

INÉDITA TÉCNICA DE MODIFICAÇÃO DE DADOS ORIGINAIS DESTINADOS A MELHORAR O AJUSTE MATEMÁTICO DE CURVAS

A técnica em lugar de ajustar as curvas matemáticas aos dados, modifica os dados originais até que estes se encaixem nos ajustes matemáticos clássicos produzindo um retorno de melhores e mais eficientes simulações matemáticas.

Apesar de poucos casos ainda terem usado esta técnica pode-se afirmar que aplicando-a sempre vai ter uma melhora nos ajustes matemáticos dado que a gama de possibilidade de modificação é ampla de mais. Outra aplicação seria a aplicação multidirecional de propriedades aos diversos ajustes de curvas

O método do trabalho é tão simples como a técnica criada, em lugar de usar o coeficiente de correlação para comparar dois grupos de dados a ferramenta Solver do Excel para minimizar o erro comparando os erros percentuais unitários (ver os maiores erro de cada ponto entre os simulados e os originais e iterar os valores finais em função da minimização destes)

DESENVOLVIMENTO

Inicialmente foram adotadas 3 premissas bem importantes

A fórmula só serve para o turbulento liso

O Numero de Reynolds será maior a 3000 e menor a 1500000 (resultante de diâmetro 500mm a velocidade de 3 m/s máxima recomendada)

Foram eliminados valores considerados não coerentes pelo autor (figura 1)

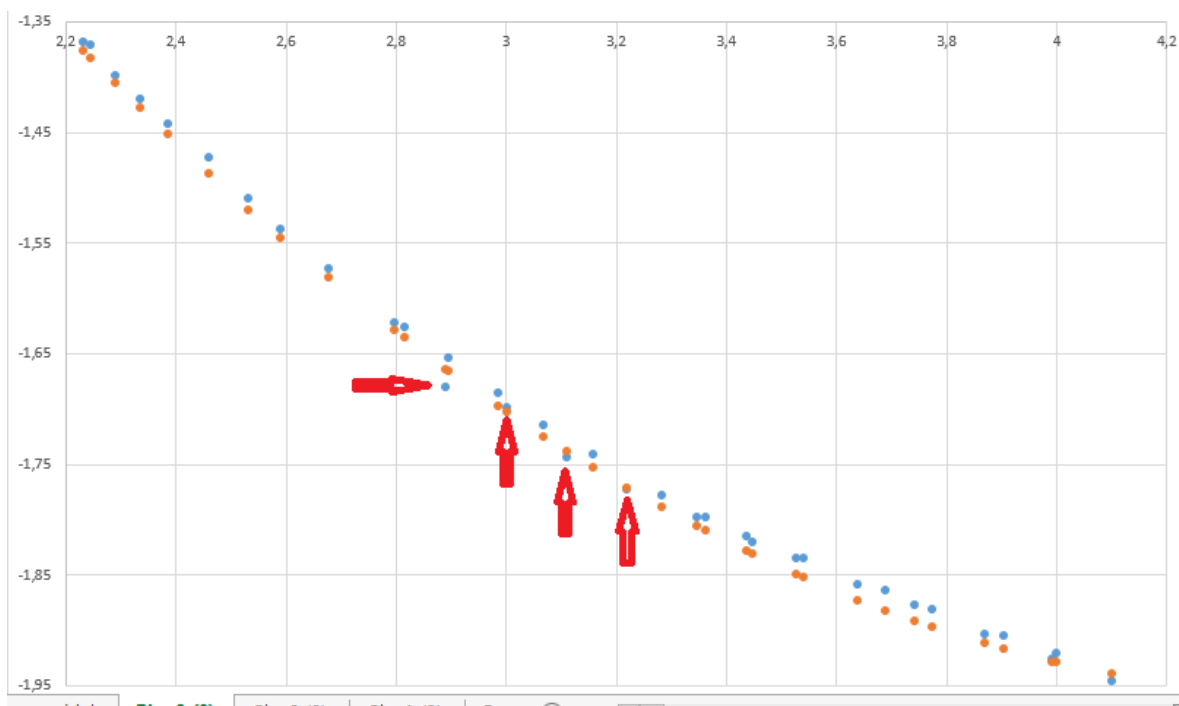


Figura 1 – Valores não coerentes segundo o autor num gráfico log-log

Inicialmente procurou-se saber que e como foram feitas as análises de erros na Universidade de Princeton porem ao não ter essa informação o mais coerente foi determinar todos e cada um dos pontos de controle usando a ferramenta Solver e Atingir meta do Excel os resultados em porcentagem de erro unitário foram:

ERRO PORCENTUAL UNITARIO	REYNOLDS	ERRO PORCENTUAL UNITARIO	REYNOLDS
1,288143487	3080	1,287869128	824200
-0,020181808	3264	0,986458364	1050000
0,814421524	3980	1,015615654	31310
0,332079866	4835	1,256247738	41440
-0,43265256	5959	1,880546868	56360
-1,902097471	8162	2,912675313	73970
-0,646144768	10900	3,144525562	98460
-0,008743116	13650	3,993466656	145600
-0,033268379	18990	3,755199021	184800
1,566900722	29430	3,810776732	229600
4,139432861	59220	2,727471469	308500
4,85815155	176000	3,098738001	408100
4,370802304	237700	2,548497064	537800
3,346522028	298200	2,61536937	750700
1,853215099	467800	2,76100967	1024000
1,72855691	587500	2,843655419	1342000

Tabela 1 Erros da fórmula proposta por Princeton

Estes valores resultam uma amplitude de erro de 4,85%

Após implementar a formula:

$$\text{Log } f = 0,01014\text{Re}^{0,2} + 0,9382\text{Re}^{0,1} + 0,2213 \quad \text{Formula 1}$$

Onde

f= Coeficiente de fricção
Re=Numero de Reynolds

Os resultados em função do menor erro porcentual foram:

ERRO PORCENTUAL UNITARIO	REYNOLDS	ERRO PORCENTUAL UNITARIO	REYNOLDS
-1,144730403	3080	-1,42958299	824200
-2,03516451	3264	-0,839359248	1050000
-0,594128188	3980	0,458172419	31310
-0,419877259	4835	0,201033518	41440
-0,644360524	5959	0,212969921	56360
-1,522590565	8162	0,570185466	73970
-0,214782277	10900	0,244659734	98460
0,339250826	13650	0,353765693	145600
0,510485714	18990	-0,170242213	184800
1,026700138	29430	-0,34994162	229600
2,046203387	59220	-1,45219844	308500
0,823768342	176000	-1,060464981	408100
0,156043773	237700	-1,252982601	537800
-0,882209802	298200	-0,503134168	750700
-2,023475376	467800	0,734906614	1024000
-1,831385175	587500	2,039889007	1342000

Em dois valores os maiores erros foram de 2,04%

ANALISE DOS RESULTADOS

Este resultado pode-se aprimorar muito mais ainda, porém as formulas ficariam muito complexas para a simples aplicação, por isso está em desenvolvimento uma fórmula mais aprimorada ainda usando outras técnicas matemáticas

A nova fórmula é promissória porque tem menores erros que as do anterior estudo, é de fácil implementação em softwares e planilhas eletrônicas dado que não é uma fórmula iterativa e finalmente segue o cálculo logico de sistema de água potável sendo possível calcular as perdas só em função da Vazão e do Diâmetro da tubulação

Cabe ressaltar que esta pesquisa ainda está em andamento

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Friction factors for smooth pipe flow J. Fluid Mech. (2004), vol. 511, pp. 41–44. c_ 2004 Cambridge University DOI: 10.1017/S0022112004009796

2. ANÁLISE DOS ERROS CONCEITUAIS DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO E PROPOSTA DO MENOR ERRO PERCENTUAL PONTUAL COMO MEDIDA DE COMPARAÇÃO ENTRE DOIS GRUPOS DE DADOS, Artigo de autoria própria
3. *INÉDITA TÉCNICA DE MODIFICAÇÃO DE DADOS ORIGINAIS DESTINADOS A MELHORAR O AJUSTE MATEMÁTICO DE CURVAS*, Artigo de autoria própria