

MEC070 – MÁQUINAS DE FLUXO

PROVA 01: QUESTÃO - SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Data: 27/04/2026

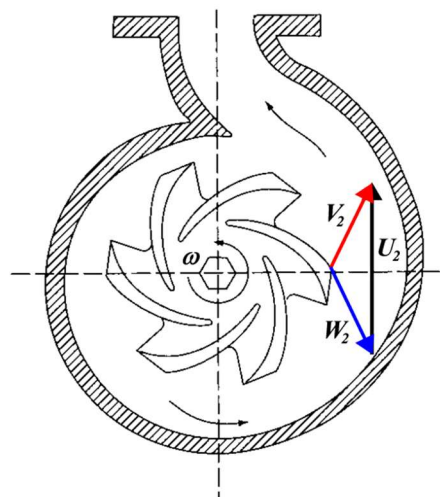
Entregar: Versão eletrônica, script (arquivo fonte), relatório apresentando: introdução, metodologia, resultados e discussão, conclusões, referências bibliográficas.

Grupo 01 – Desenvolva um código computacional para resolver o problema a seguir:

O eixo de uma bomba centrífuga está localizado 3 m acima do nível d'água do reservatório de sucção e 40 m abaixo do nível do reservatório de recalque. As perdas nas tubulações de sucção e descarga são 1 m e 9 m respectivamente. As características geométricas do rotor são: $D_1 = 70$ mm, $D_2 = 310$ mm, $b_1 = 14$ mm e $b_2 = 19$ mm. A bomba gira a 1.725 rpm e os coeficientes de estrangulamento do fluxo são $f_1 = f_2 = 0,85$. A entrada do fluido de trabalho no rotor é radial. O ângulo β_1 na entrada do rotor varia desde 20° até 70° e o ângulo β_2 na saída do rotor muda seu valor desde 35° até 85° . Para cada variação do ângulo β_1 existe uma mudança do ângulo β_2 . As eficiências são: $\eta_h = 78\%$ e $\eta_m = 80\%$. Calcular para cada variação de β_1 e β_2 : a) Potência de acionamento da bomba; b) Vazão volumétrica; c) Altura de carga efetiva.

Como dado de saída faça os gráficos: Potência de acionamento vs Vazão volumétrica, Altura de carga efetiva vs β_2 e Vazão volumétrica vs β_1 .

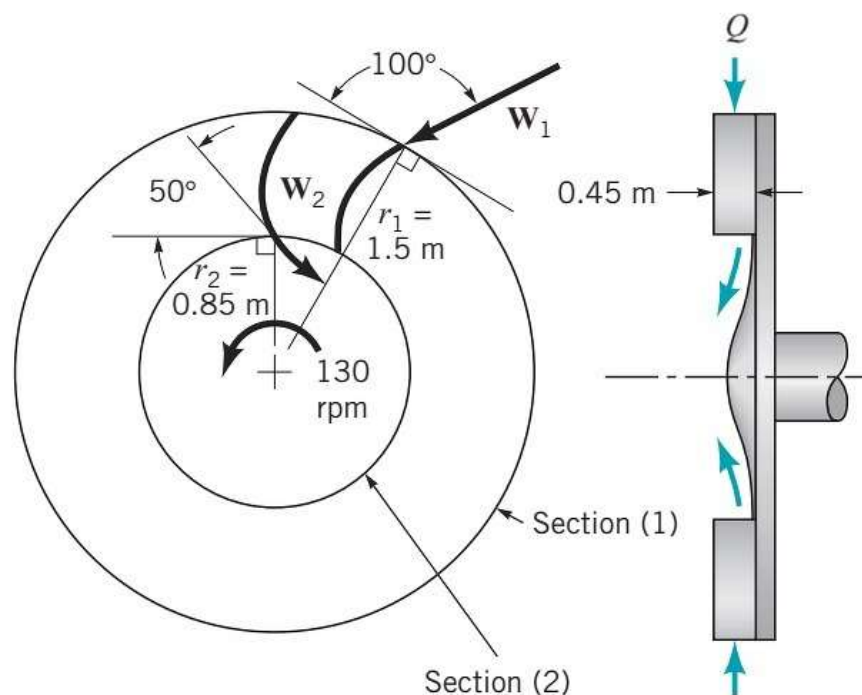
Grupo 02 – Desenvolva um código computacional para resolver o problema a seguir. Para uma dada condição de operação, água a 16°C sai do rotor de uma bomba com velocidade absoluta de $13,94$ m/s em um ângulo de 70° . A velocidade da pá na saída do rotor é de $25,17$ m/s e a velocidade de rotação do eixo é de 3.250 rpm. A velocidade absoluta é axial na entrada do rotor. Para essa condição de operação, a vazão é de $18,00$ L/s. Encontre (a) a magnitude da velocidade relativa e seu ângulo de vazão β_2 , (b) a potência necessária, (c) o raio externo da pá e a altura da pá, assumindo que a área aberta na periferia é de 93% da área total, (d) se o ângulo da velocidade absoluta na saída do rotor muda desde 60° até 85° e a rotação varia desde 2200 rpm até 3800 rpm sem modificar a geometria do rotor, plote as curvas β_2 , V_{t2} , V_{r2} , W_{t2} , W_{r2} , U_2 versus α_2 , (e) U_2 , V_2 , W_2 versus N . A bomba é mostrada na Figura.



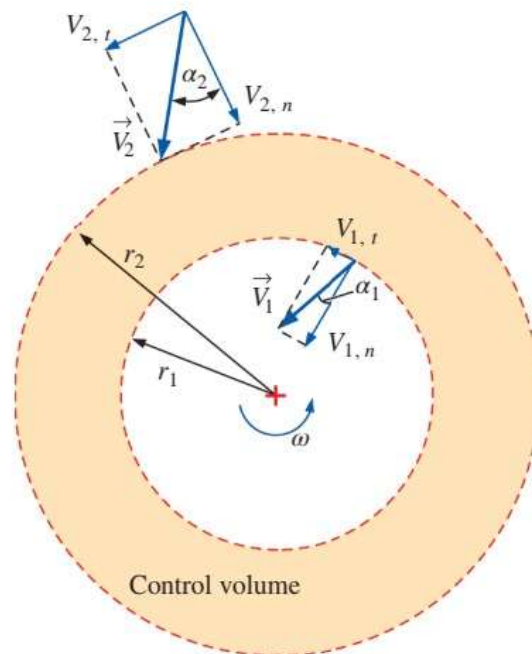
Grupo 03 – Escreva um código computacional para resolver o problema mostrado a seguir. Parte do suprimento de água para o setor sul de um Parque Nacional no Brasil é oriunda de um rio próximo ao parque. Uma vazão de $140 \text{ m}^3/\text{h}$, tomada do rio a uma elevação de 1240 m , é bombeada para um tanque de armazenagem acima do setor sul, na elevação de 2240 m . Parte da tubulação está acima do solo e parte em uma galeria perfurada direcionalmente em ângulos de até 75° a partir da vertical; o comprimento total da linha é de 4320 m . Sob condições de operação em regime permanente, a perda de carga por atrito é de 78 m de água, em adição à altura estática. Considere que a eficiência da bomba utilizada pode variar de 65% até 85% . Estime o diâmetro do tubo de aço comercial do sistema (plote um gráfico D_{tubo} versus η_{bomba}). Calcule a potência de bombeamento requerida (plote um gráfico \dot{W}_b versus η_{bomba}).

Grupo 04 – Escreva um código computacional que resolva o problema a seguir. A Figura mostra o esboço simplificado do rotor de uma turbina hidráulica. Água entra na seção (1) (área de seção transversal cilíndrica A_1 em $r_1 = 1,5 \text{ m}$) em um ângulo que varia desde 90° até 100° em relação à direção tangencial e sai na seção (2) (área de seção transversal cilíndrica A_2 em $r_2 = 0,85 \text{ m}$) em um ângulo que muda desde 50° até 60° em relação à direção tangencial. A altura das pás na aresta de entrada e saída do rotor é $0,45 \text{ m}$. O rotor gira de 130 cpm a 200 cpm (usar 8 diversos valores de rotação) na direção mostrada. Como dados de saída trace os gráficos:

- As magnitudes do triângulo de velocidades na entrada do rotor vs Rotação.
- As magnitudes do triângulo de velocidades na saída do rotor vs Rotação.
- A potência disponível no eixo da turbina vs Rotação.



Grupo 05 – Desenvolva uma ferramenta computacional que resolva o seguinte problema. Uma turbina hidráulica com escoamento radial de Francis está sendo projetada com as seguintes dimensões: $r_2 = 2,05$ m, $r_1 = 1,45$ m, $b_2 = 0,65$ e $b_1 = 0,85$ m. O rotor gira a 180 rpm. As aletas ajustáveis giram o escoamento com o ângulo $\alpha_2 = 30^\circ$ da direção radial na entrada do rotor, e o escoamento na saída do rotor está a um ângulo α_1 da direção radial. Investigue o efeito do ângulo de saída do rotor α_1 sobre a carga líquida necessária e a potência de saída. Deixe o ângulo de saída variar de -20° a 40° em incrementos de 3° e represente graficamente seus resultados. Determine o valor mínimo de α_1 de forma que o escoamento não viole as leis da termodinâmica. A vazão a condições de projeto é de $5,4 \times 10^6$ gpm e a carga bruta fornecida pela represa é $H_{bruta} = 95$ m. Para o projeto preliminar, as perdas irreversíveis são desprezadas. Calcule a variação dos ângulos da pá do rotor de entrada e saída β_2 e β_1 , respectivamente, e preveja a saída de potência (MW) e a carga líquida necessária (m). Esse projeto é possível? Trace os gráficos: Potência de saída vs α_1 , Carga líquida vs α_1 , β_2 vs α_1 e β_1 vs α_1 .



Grupo 06 – Escreva um programa de computador para o problema detalhado a seguir. A rotação específica adimensional de uma bomba centrífuga é 0,06. A altura de carga estática é 35 m. A vazão volumétrica desenvolvida é 850 gpm. O diâmetro das tubulações na entrada e na descarga da bomba é 15 cm. O coeficiente de atrito dessas tubulações é 0,04. O comprimento total (tubulação na sucção + tubulação na descarga) é 68 m. Perdas adicionais são iguais a 4 vezes a altura de carga dinâmica na tubulação. As aletas são curvadas para frente com um ângulo de 140° . A altura da aresta na saída do rotor é 1/10 do diâmetro do rotor. Há um 12% de redução na área do escoamento do fluido de trabalho devido à espessura das pás. A eficiência manométrica é 85%. A entrada é radial. Determine o diâmetro na aresta de saída do impulsor. Em função da variação das perdas adicionais que dependem da altura de carga dinâmica na tubulação (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 vezes), como dado de saída faça um gráfico Diâmetro na saída do impulsor vs Perdas adicionais.

Grupo 07 – Escreva um código computacional que resolva o problema detalhado a seguir. O impulsor de uma bomba centrífuga tem um diâmetro de 1,2 m; gira a 3,6 cps (avaliar a rotação do rotor para 2 rpm, 4 rpm, 6 rpm, 8 rpm, 10 rpm, 12 rpm, 15 rpm e 20 rpm); área periférica na saída de 0,68 m²; ângulo da aleta no bordo de fuga de 50° e uma razão de diâmetros externo/interno de 2:1. Conhecendo que o fluido de trabalho é água a 360 K e 1 atm de pressão. Calcule:

- A eficiência hidráulica;
- A potência útil em hp;
- A rotação mínima para elevar o fluido de trabalho (água) através de uma altura de carga de 8,8 m. A bomba centrífuga tem uma capacidade de 95×10^3 l/min.

Como dado de saída faça os gráficos: Eficiência hidráulica vs Rotação da bomba, Potência útil vs Rotação da bomba.

Grupo 08 – Desenvolva um código computacional para encontrar uma solução ao problema detalhado a seguir. Uma bomba para transportar etanol, de fluxo axial (ver Figura) consiste em uma fileira de pás rotativas (rotor) seguida a jusante por uma fileira estacionária de pás (estator). O etanol entra no rotor axialmente (sem qualquer momento angular) com uma velocidade absoluta de 3 m/s. O ângulo de entrada das pás do rotor é de 60° e o ângulo de saída das pás do rotor varia desde 30° até 60°, em relação à direção axial. A área da seção transversal da passagem do anel da bomba é constante. Considere o escoamento como sendo tangente às pás envolvidas. Plote os triângulos de velocidade para o escoamento imediatamente a montante e a jusante do rotor e imediatamente a jusante do estator, onde o fluxo é axial, em função da variação do ângulo de saída das pás do rotor. Determine a quantidade de energia que é adicionada a cada quilograma de etanol em função da variação do ângulo de saída das pás do rotor (plotar um gráfico Energia versus Ângulo de saída)? Essa é uma quantidade real ou ideal? O etanol está a uma temperatura de 293,15 K e entra na bomba a uma pressão de 1 atm.

