



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

REITORIA

Avenida Rio Branco, 50 – Santa Lúcia – 29056-255 – Vitória – ES

27 3357-7500

CONCURSO PÚBLICO

Edital nº 3/2016

Docentes Mestres e Doutores

Caderno de Provas

319 – ENGENHARIA MECÂNICA

Instruções

- 1 Aguarde autorização para abrir o CADERNO DE PROVAS.
- 2 Após a autorização para o início da prova, confira-a, com a máxima atenção, observando se há algum defeito (de encadernação ou de impressão) que possa dificultar a sua compreensão.
- 3 A prova terá duração máxima de 4 (quatro) horas, não podendo o candidato retirar-se com a prova antes que transcorram 2 (duas) horas do seu início.
- 4 A prova é composta de 10 (dez) questões, sendo 5 discursivas e 5 objetivas. O candidato deverá escolher 3 (três) entre as 5 (cinco) questões discursivas, para responder. Caso o candidato responda mais do que 3 (três) questões, em descumprimento à regra, terá a pontuação 0 (zero) atribuída à sua prova.
- 5 As respostas às questões objetivas deverão ser assinaladas no CARTÃO RESPOSTA a ser entregue ao candidato. Lembre-se de que para cada questão objetiva há APENAS UMA resposta.
- 6 O CARTÃO RESPOSTA deverá ser marcado, obrigatoriamente, com caneta esferográfica (tinta azul ou preta).
- 7 A interpretação dos enunciados faz parte da aferição de conhecimentos. Não cabem, portanto, esclarecimentos.
- 8 O candidato deverá devolver ao Fiscal o CARTÃO RESPOSTA e o CADERNO DE RESPOSTAS, ao termino de sua prova.
- 9 Os rascunhos contidos no CADERNO DE PROVAS não serão considerados na correção.



LEGISLAÇÃO

01 Com base nas afirmativas acerca da Administração Pública Federal, marque (V) para as VERDADEIRAS e (F) para as FALSAS.

() É garantido ao servidor público civil o direito à livre associação sindical e aos manifestos, às paralizações e à greve.

() A lei reservará percentual dos cargos e empregos públicos para as pessoas portadoras de deficiência e definirá os critérios de sua admissão no caso de contratação por tempo determinado para atender a necessidade temporária de excepcional interesse público.

() Se um servidor público estável tiver seu cargo extinto, ficará em disponibilidade e terá garantida remuneração até seu adequado aproveitamento em outro cargo.

() Como condição para a aquisição da estabilidade, o servidor público poderá ter que submeter-se à avaliação de desempenho.

() A autonomia gerencial, orçamentária e financeira dos órgãos e entidades da administração direta e indireta poderá ser ampliada mediante contrato, a ser firmado entre seus administradores e o poder público.

A alternativa que indica a sequência **CORRETA** é:

- a) F, F, V, F, V
- b) F, F, V, V, V
- c) V, V, F, F, V
- d) V, F, V, F, F
- e) F, V, V, V, F

02 Pode-se afirmar, a partir da Lei nº 8112/90, que:

- a) Transferência é a investidura do servidor em cargo de atribuições e responsabilidades compatíveis com a limitação que tenha sofrido em sua capacidade física ou mental.
- b) A partir da posse do servidor, ele está sujeito ao estágio probatório de trinta e seis meses, período durante o qual será avaliada sua aptidão e capacidade.
- c) Com a nomeação do servidor, dá-se a investidura em cargo público.
- d) O servidor perderá o cargo em virtude de sentença judicial condenatória transitada em julgado.
- e) Com a aprovação do servidor no estágio probatório, poderá exercer quaisquer cargos de provimento em comissão ou funções de direção, chefia ou assessoramento no órgão ou entidade de lotação.

03 Com relação à estrutura organizacional dos Institutos Federais, prevista na Lei nº 11.892/08, é **CORRETO** afirmar que:

- a) O Colégio de Dirigentes é órgão deliberativo dos diretores gerais dos campi e o Conselho Superior é o órgão consultivo do Reitor.
- b) A Reitoria do Instituto Federal deve ser instalada em local distinto dos seus campi na capital do Estado.
- c) Poderá candidatar-se ao cargo de Reitor do Instituto Federal qualquer um dos servidores estáveis da autarquia que tenha pelo menos cinco anos de efetivo exercício e possua o título de doutor.
- d) O Instituto Federal é organizado multicampi, sendo que no que diz respeito a pessoal, encargos sociais e benefícios dos servidores. A proposta orçamentária anual não é identificada por campus.
- e) A Administração do Instituto Federal é do Reitor e dos Diretores Gerais dos campi.

04 Com base na Lei nº 11.892/08, assinale a alternativa **CORRETA**:

- a) Todos os campi do Instituto Federal devem atender ao percentual mínimo de oferta de vagas na educação profissional técnica de nível médio, prioritariamente na forma de cursos integrados.
- b) Uma das finalidades dos Institutos Federais é de orientar sua oferta formativa em benefício da consolidação e fortalecimento dos arranjos produtivos, sociais e culturais locais.
- c) Um dos objetivos dos Institutos Federais é ofertar educação em todos os níveis e modalidades para atender às demandas sociais.
- d) O Instituto Federal tem por objetivo previsto em lei a promoção da educação básica e, em algumas localidades cuja demanda social exista, a educação superior.
- e) É finalidade dos Institutos Federais garantir 50% (cinquenta por cento) de suas vagas para o ensino médio técnico.

05 No que concerne a Lei nº 9394/96, pode-se afirmar que:

- a) É dever do Estado garantir o atendimento ao educando, do ensino fundamental ao médio, por meio de programas suplementares de material didático-escolar, transporte, alimentação e assistência à saúde.
- b) É dever do Estado garantir a oferta do ensino fundamental gratuito para os estudantes em idade escolar acima de 06 anos.
- c) O ensino será ministrado, entre outros, ante aos princípios da prevalência da experiência escolar e do pluralismo de concepções ideológicas.
- d) É dever dos pais ou responsáveis efetuar a matrícula dos menores, a partir dos sete anos de idade, no ensino fundamental.
- e) O acesso ao ensino médio gratuito é direito apenas do cidadão que comprova a condição de vulnerabilidade social.

CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

O candidato deverá escolher 3 (três) entre as 5 (cinco) questões discursivas, para responder. Caso o candidato responda mais do que 3 (três) questões, em descumprimento à regra, **terá a pontuação 0 (zero) atribuída à sua prova**

01 Partindo do Teorema de transporte de Reynolds (Equação 1), que relaciona as variações das propriedades do sistema com as variações das propriedades no volume de controle, deduza a equação de energia e mostre que, para uma turbina adiabática, a potência gerada é dada pelo produto da vazão mássica pela variação de entalpia.

$$\frac{dN}{dt}_{\text{sistema}} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{V_C} \eta \rho dV + \int_{SC} \eta \rho \vec{V} \cdot d\vec{A}$$

Equação 1

02 Disserte sobre o funcionamento de uma bomba centrífuga, dando ênfase especial à função do rotor e do difusor. Explique como é determinada a altura manométrica de uma instalação de bombeamento enfatizando o cálculo das perdas de carga distribuídas e localizadas. Além disso, conceitue NPSH de uma bomba, mostre como é calculado e comente sua função. Por fim, mostre o efeito das associações em série e paralelo sobre as curvas características de uma bomba.

03 A figura a seguir representa uma modelagem de um ciclo Rankine para geração de potência a vapor e embasará as questões a e b.

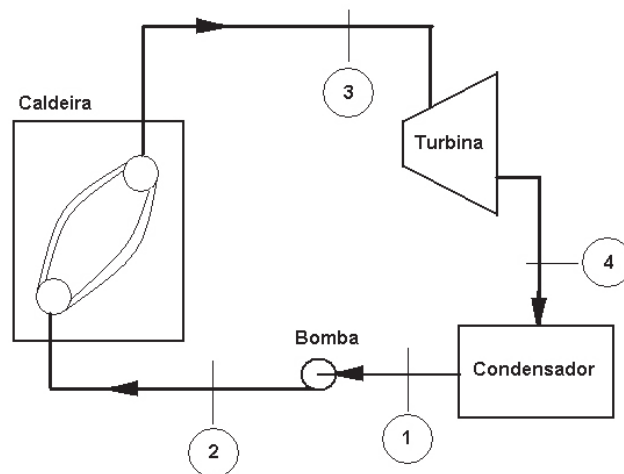


Figura 1 - Ciclo Rankine

a) O ciclo teórico que representa a máxima eficiência possível para a geração energética é o ciclo de Carnot, composto por processos reversíveis. Represente ambos os ciclos (Carnot e Rankine Ideal) em um diagrama Temperatura x Entropia e explique o porquê do ciclo Rankine Ideal possuir algumas alterações com relação ao ciclo de Carnot.

b) Sabe-se que algumas mudanças podem ser feitas no ciclo Rankine visando aumentar a sua eficiência. Justifique essas alterações levando em conta as temperaturas médias termodinâmicas de adição e rejeição de calor.

04 Considere uma reação de combustão onde o metano reage com 50% de ar seco em excesso. Para essa reação, considere o ar seco como uma mistura composta por 79% de nitrogênio, que irá permanecer inerte na reação, e 21% de oxigênio. Obtenha a reação completa e balanceada do processo descrito. A partir da reação encontrada, obtenha a sua razão ar/combustível.

05 As equações da continuidade (1) e Navier-Stokes (2) são utilizadas para descrever o movimento de um fluido newtoniano incompressível escoando em regime permanente. Partindo destas equações, mostre que a velocidade média do fluido escoamento em uma tubulação é metade da velocidade máxima.

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (rv_r) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} (v_\theta) + \frac{\partial}{\partial z} (v_z) = 0 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & \rho \left(\frac{\partial v_r}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \theta} - \frac{v_\theta^2}{r} + v_z \frac{\partial v_r}{\partial z} \right) = \\ & = \rho g_r - \frac{\partial p}{\partial r} + \mu_0 \left[\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (rv_r) \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_r}{\partial \theta^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2} \right] \end{aligned} \quad (2a)$$

$$\begin{aligned} & \rho \left(\frac{\partial v_\theta}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_\theta}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{v_r v_\theta}{r} + v_z \frac{\partial v_\theta}{\partial z} \right) = \\ & = \rho g_\theta - \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial \theta} + \mu_0 \left[\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (rv_\theta) \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial \theta^2} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial z^2} \right] \end{aligned} \quad (2b)$$

$$\begin{aligned} & \rho \left(\frac{\partial v_z}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_z}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_z}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) = \\ & = \rho g_z - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu_0 \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_z}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} \right] \end{aligned} \quad (2c)$$

RASCUNHO

(Não será considerado na correção)

RASCUNHO

RASCUNHO

(Não será considerado na correção)

RASCUNHO

RASCUNHO

(Não será considerado na correção)

RASCUNHO

RASCUNHO

(Não será considerado na correção)

RASCUNHO

RASCUNHO

(Não será considerado na correção)

RASCUNHO

RASCUNHO

(Não será considerado na correção)

RASCUNHO



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

REITORIA

Avenida Rio Branco, 50 – Santa Lúcia – 29056-255 – Vitória – ES

27 3357-7500

CONCURSO PÚBLICO

Edital nº 3/2016

Docentes Mestres e Doutores

Folha de Resposta

(Rascunho)

319 – ENGENHARIA MECÂNICA

Questão	Resposta
1	
2	
3	
4	
5	





MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

REITORIA

Avenida Rio Branco, 50 – Santa Lúcia – 29056-255 – Vitória – ES

27 3357-7500

CONCURSO PÚBLICO
EDITAIS Nº 02 e 03 / 2016

Professor do Magistério do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico

PROVA DE LEGISLAÇÃO

GABARITO

Questão	Resposta
01	A
02	ANULADA
03	D
04	B
05	ANULADA



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
REITORIA
Avenida Rio Branco, 50 – Santa Lúcia – 29056-255 – Vitória – ES
27 3357-7500

CONCURSO PÚBLICO

EDITAL Nº 03 / 2016

Professor do Magistério do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico

ÍNDICE DE INSCRIÇÃO	319
HABILITAÇÃO	ENGENHARIA MECÂNICA

PROVA DE CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS | DISCURSIVA

MATRIZ DE CORREÇÃO

QUESTÃO 01

Partindo do Teorema de transporte de Reynolds (Equação 1), que relaciona as variações das propriedades do sistema com as variações das propriedades no volume de controle, deduza a equação de energia e mostre que, para uma turbina adiabática, a potência gerada é dada pelo produto da vazão mássica pela variação de entalpia.

Solução:

$$\frac{dN}{dt}_{sistema} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{VC} \eta \rho dV + \int_{SC} \eta \rho \vec{V} d\vec{A} \quad \text{Eq. (1)}$$

Propriedade analisada (N): Energia (E);

Propriedade intensiva ($\eta = \frac{N}{m} = e$). Logo:

$$\frac{dE}{dt}_{sistema} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{VC} e \rho dV + \int_{SC} e \rho \vec{V} d\vec{A} \quad \text{Eq. (2)}$$

De acordo com a primeira lei da termodinâmica para um sistema,

$$\frac{dE}{dt}_{sistema} = \dot{Q} - \dot{W} \quad \text{Eq. (3)}$$

onde: \dot{Q} é a taxa de transferência de calor “do” ou “para” o sistema; e \dot{W} é a taxa em que o trabalho é realizado por unidade de tempo.

A energia total é dada pela soma das energias cinética, potencial e interna.

$$E = \frac{1}{2} m V^2 + m g z + U \quad \text{Eq. (4)}$$

onde: m = massa, g = gravidade, z = elevação e U = energia interna. Logo:

$$e = \frac{1}{2}V^2 + gz + u \quad \text{Eq. (5)}$$

Aplicando a hipótese de regime permanente ($\frac{\partial}{\partial t} = 0$) e substituindo as Equações (3) e (5) na Eq. (2), tem-se:

$$\dot{Q} - \dot{W} = \int_{SC} \left(\frac{1}{2}V^2 + gz + u\right) \rho \vec{V} d\vec{A} \quad \text{Eq. (6)}$$

O trabalho, por unidade de tempo, pode ser dividido em trabalho de eixo (\dot{W}_e) e trabalho de superfície (\dot{W}_s). O trabalho de eixo refere-se à potência gerada pela turbina ($\dot{W}_e = \dot{W}_T$) e o trabalho de superfície é o necessário para que o fluido cruze a superfície de controle, devido a resistência causada pela pressão, dado por:

$$\dot{W}_s = \int_{SC} p \vec{V} d\vec{A} = \int_{SC} \frac{p}{\rho} \rho \vec{V} d\vec{A} \quad \text{Eq. (7)}$$

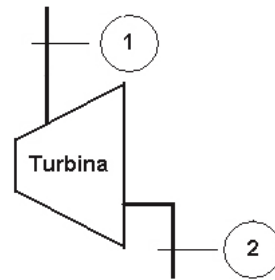
Separando-se as duas formas de trabalho e substituindo as informações acima na Eq. (6) tem-se:

$$\dot{Q} - \dot{W}_T - \int_{SC} \frac{p}{\rho} \rho \vec{V} d\vec{A} = \int_{SC} \left(\frac{1}{2}V^2 + gz + u\right) \rho \vec{V} d\vec{A}, \text{ ou}$$

$$\dot{Q} - \dot{W}_T = \int_{SC} \left(\frac{1}{2}V^2 + gz + u + \frac{p}{\rho}\right) \rho \vec{V} d\vec{A} \quad \text{Eq. (8)}$$

Onde o trabalho de superfície foi agrupado com os termos fluxo de energia através da superfície de controle.

Designando entrada e saída por 1 e 2, como mostrado na tem-se:



referentes ao

figura ao lado,

$$\dot{Q} - \dot{W}_T = \int_{SC1} \left(\frac{1}{2}V^2 + gz + u + \frac{p}{\rho}\right) \rho \vec{V} d\vec{A} + \int_{SC2} \left(\frac{1}{2}V^2 + gz + u + \frac{p}{\rho}\right) \rho \vec{V} d\vec{A}$$

Considerando-se que as propriedades do fluido são uniformes nas seções, tem-se:

$$\dot{Q} - \dot{W}_T = \left(\frac{1}{2}V^2 + gz + u + \frac{p}{\rho}\right)_1 \int_{SC1} \rho \vec{V} d\vec{A} + \left(\frac{1}{2}V^2 + gz + u + \frac{p}{\rho}\right)_2 \int_{SC2} \rho \vec{V} d\vec{A}$$

Fluxo entrando no volume de controle é negativo e saindo é positivo, devido ao produto escalar $\vec{V} d\vec{A}$, logo:

$$\dot{Q} - \dot{W}_T = -\left(\frac{1}{2}V^2 + gz + u + \frac{p}{\rho}\right)_1 \int_{SC1} \rho V dA + \left(\frac{1}{2}V^2 + gz + u + \frac{p}{\rho}\right)_2 \int_{SC2} \rho V dA$$

Como $\int_{SC1} \rho V dA = \int_{SC2} \rho V dA = \dot{m}$, ou seja, a vazão mássica passando pela turbina, tem-se:

$$\dot{Q} - \dot{W}_T = -\dot{m} \left(\frac{1}{2}V^2 + gz + u + \frac{p}{\rho}\right)_1 + \dot{m} \left(\frac{1}{2}V^2 + gz + u + \frac{p}{\rho}\right)_2$$

Como a entalpia h é dada por: $h = u + \frac{p}{\rho}$, obtem-se a Equação da energia aplicada a uma turbina.

$$\dot{Q} - \dot{W}_T = -\dot{m} \left(\frac{1}{2}V^2 + gz + h\right)_1 + \dot{m} \left(\frac{1}{2}V^2 + gz + h\right)_2, \text{ ou}$$

$$\dot{W}_T - \dot{Q} = \dot{m} \left\{ \left(\frac{1}{2} V^2 + gz + h \right)_1 - \left(\frac{1}{2} V^2 + gz + h \right)_2 \right\} \leftarrow \text{Equação da Energia.}$$

Para o caso de uma turbina adiabática $\dot{Q} = 0$. Desprezando-se as variações de energia cinética e potencial, tem-se:

$$\dot{W}_T = \dot{m} \{ h_1 - h_2 \} \leftarrow \text{Solução.}$$

QUESTÃO 02

As bombas centrífugas são bombas hidráulicas em que a energia é transmitida para o fluido através de um rotor que fica no interior de uma carcaça. O fluido entra pelo centro da bomba e é movido em direção à periferia devido a forma e o movimento do rotor. **A função do rotor é transmitir energia cinética para o fluido.** A energia por unidade de peso de fluido bombeado é conhecida como carga. Ao sair do rotor, o fluido passa por um difusor. **A função do difusor é transformar parte da carga cinética em carga de pressão, necessária para que se consiga vencer as perdas de carga e promover a elevação do fluido.** A transformação da carga cinética em carga de pressão pode ser explicada pela equação de Bernoulli em que, desprezando-se as cargas potenciais, a soma da carga de pressão com a carga cinética deve permanecer constante, como mostrado na Eq. (1).

$$\frac{V^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} = cte \quad \text{Eq. (1)}$$

Com o aumento da área transversal ao escoamento no difusor, ocorre uma diminuição da velocidade, devido à conservação de massa, e conseqüentemente, um aumento da pressão.

Para se estimar a potencia necessária da bomba, é preciso determinar a altura manométrica de elevação (H_m), que é a soma da altura estática de elevação (h_e), devido à diferença de nível, e as perdas de carga na tubulação (h_f).

$$H_m = h_e + h_f \quad \text{Eq. (2)}$$

As perdas de carga podem ser divididas em perdas distribuídas (h_D) e perdas localizadas (h_L).

$$h_f = h_D + h_L \quad \text{Eq. (3)}$$

A perda de carga distribuída é devido ao atrito do fluido com a tubulação e é dada por:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad \text{Eq. (4)}$$

onde f é o fator de atrito de Darcy-Weisbach, L é o comprimento da tubulação, D é o diâmetro e $\frac{V^2}{2g}$ é a carga cinética.

A perda de carga localizada pode ser estimada de duas maneiras: pelo produto de uma constante pela carga cinética ($h_L = k \frac{V^2}{2g}$) ou pelo método do comprimento equivalente ($h_L = f \frac{l_{eq}}{D} \frac{V^2}{2g}$). Tanto k quanto l_{eq} são fornecidos pelo fabricante dos componentes (conexões, expansões, contrações, curvas, válvulas, etc). O fator de atrito pode ser obtido pela utilização do diagrama de Moody ou por equações empíricas como a fórmula de Colebrooke. Como dito anteriormente, a perda de carga total é dada pela soma da perda de carga distribuída com todas as demais perdas cargas localizadas.

O termo NPSH vem do inglês *Net Positive Suction Head* (carga líquida positiva de sucção). Representa a energia disponível na entrada de uma bomba hidráulica. O NPSH está relacionado à diferença entre a pressão do fluido (p_0) em uma tubulação e a pressão de vapor (p_v) a uma dada temperatura, Eq. (5).

$$NPSH = \frac{p_0 - p_v}{\gamma} + \Delta z + h_{f,s} \quad \text{Eq. (5)}$$

onde γ é o peso específico do fluido, Δz é a diferença de nível entre o reservatório e a entrada da bomba e $h_{f,s}$ é a perda de carga na linha de sucção.

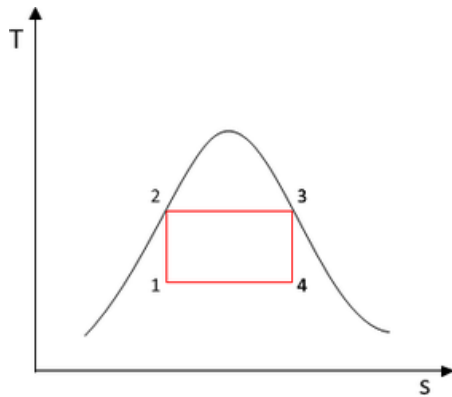
Em uma instalação de bombeamento, calcula-se o NPSH disponível e caso este seja menor que o requerido, fornecido pelo fabricante da bomba, pode ocorrer cavitação.

Quando uma bomba não consegue vencer a altura manométrica de uma instalação ou mandar a vazão desejada, pode-se utilizar do recurso de instalação em série ou em paralelo.

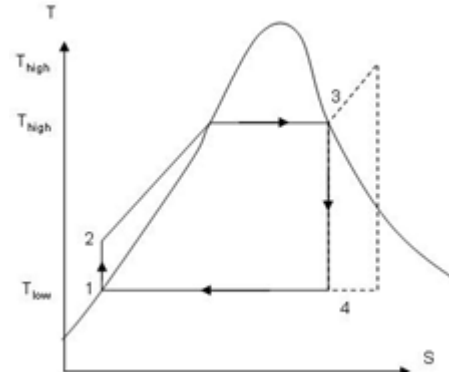
A curva característica de uma bomba é uma representação gráfica da altura manométrica de elevação em função da vazão que é bombeada pelo sistema. Ao se fazer uma instalação em série, para cada vazão, as alturas manométricas são somadas, permitindo que um fluido seja elevado a uma altura maior, com a mesma vazão. Para o caso da ligação em paralelo, para uma mesma altura manométrica de elevação, as vazões são somadas, permitindo que seja bombeada uma maior quantidade de fluido para aquela instalação.

QUESTÃO 03

- a) Como mostrado nos diagramas abaixo, o ciclo de Rankine possui algumas alterações com relação ao ciclo de Carnot, tais como:
- Entrada de líquido saturado na bomba (ponto 1) pois a entrada de uma mistura bifásica na mesma poderá acarretar na sua cavitação.
 - Aquecimento do fluido de trabalho na caldeira (processo 2 – 3) com variação de temperatura. Com isso, a temperatura média termodinâmica de adição de calor será reduzida.



Ciclo de Carnot



Ciclo de Rankine

- b) A eficiência do ciclo de Rankine pode ser mensurada levando em conta as suas temperaturas médias termodinâmicas de adição e rejeição de calor, conforme mostrado na equação abaixo:

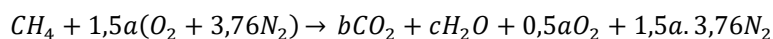
$$\eta = 1 - \frac{T_F}{T_Q}$$

Onde T_F representa a temperatura média termodinâmica de rejeição de calor e T_Q representa a temperatura média termodinâmica de adição de calor. Com isso, percebe-se que o aumento de T_Q , ou a redução de T_F é possível aumentar a eficiência do ciclo de Rankine.

Dessa forma, visando esses parâmetros, algumas alterações podem ser feitas no ciclo visando aumentar sua eficiência.

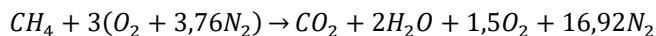
- **Superaquecimento:** Visa aumentar o potencial de aproveitamento energético do vapor, fazendo com que esse saia na forma de vapor superaquecido da caldeira, podendo gerar uma maior quantidade de energia na turbina, quando comparado ao processo de expansão do vapor saturado. Com o superaquecimento eleva-se a temperatura média termodinâmica de adição de calor do ciclo, aumentando sua eficiência.
- **Reaquecimento:** Consiste na recirculação do fluido de trabalho na caldeira após passar por um estágio da turbina, fazendo com que o fluido seja aquecido novamente antes de entrar no próximo estágio de expansão. Tal processo consegue efetuar um melhor aproveitamento do calor dos gases de combustão na caldeira, elevando o valor da energia total gerada no processo de expansão do fluido de trabalho. Dessa forma, eleva-se a temperatura média termodinâmica de adição de calor do ciclo, aumentando sua eficiência.
- **Ciclo supercrítico:** O ciclo supercrítico consiste em utilizar o vapor acima do seu ponto crítico, dessa forma, esse irá possuir um maior teor energético a ser aproveitado na turbina, fazendo com que a geração energética seja maior, e elevando a sua temperatura média termodinâmica de adição de calor e, consequentemente, aumentando a eficiência do ciclo.
- **Ciclo Regenerativo:** A regeneração consiste na extração parcial do fluido de trabalho da turbina para realizar um pré-aquecimento do mesmo antes de entrar na caldeira, dessa forma, será necessária uma menor quantidade de energia a ser consumida para aquecer o vapor elevando a sua eficiência.

Reação do Metano (CH₄) com 50% de ar seco em excesso:



Para a obtenção dos coeficientes estequiométricos “a”, “b” e “c” é realizado o seguinte balanço de massa:

- Número de mols do composto no reagente = Número de mols do composto no produto. Dessa forma, isolando as moléculas de Carbono (C), Hidrogênio (H₂), Oxigênio (O) e Nitrogênio (N₂), os seguintes resultados serão obtidos:
 - a = 2
 - b = 1
 - c = 1
- Com isso, a reação terá o seguinte equacionamento:



- A razão Ar/Combustível será obtida da seguinte forma:

$$A/C = \frac{\text{Massa de Ar}}{\text{Massa de Combustível}} = \frac{\text{Mols de Ar}}{\text{Mols de Combustível}} \times \frac{\text{Massa Molar do Ar}}{\text{Massa Molar dos Combustíveis}}$$

$$A/C = \frac{4,76}{1} \times \frac{0,21 \times 32 + 0,79 \times 28}{16} = 8,58 \frac{\text{kg de ar}}{\text{kg de combustível}}$$

QUESTÃO 05

As equações da continuidade (1) e Navier-Stokes (2) são utilizadas para descrever o movimento de um fluido newtoniano incompressível escoando em regime permanente. Partindo destas equações, mostre que a velocidade média do fluido escoamento em uma tubulação é metade da velocidade máxima.

Solução:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r v_r) + \frac{1}{r} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0 \quad \text{Eq. (1)}$$

Hipóteses:

- (1) escoamento axissimétrico (circunferencialmente simétrico), $\frac{\partial}{\partial \theta} = 0$.
- (2) Escoamento completamente desenvolvido, $\frac{\partial}{\partial z} (v_z)$.
- (3) regime permanente, $\frac{\partial}{\partial t} = 0$.
- (4) Efeitos gravitacionais desprezíveis ($g_z = 0$).

Aplicando as hipóteses (1) e (2) para a equação (1), tem-se:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r v_r) = 0 \rightarrow r v_r = \text{constante.}$$

Como, $v_r = 0$ na parede da tubulação, $v_r = 0$ para todo o domínio. (5)

$$\rho \left(\frac{\partial v_z}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_z}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_z}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) = \rho g_z - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left\{ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_z}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} \right\} \quad (2c)$$

Aplicando as hipótese (1) a (4) na equação (2c), tem-se:

$$0 = -\frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left\{ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) \right\}, \text{ ou}$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) = \frac{1}{\mu} \frac{\partial p}{\partial z} \quad \text{Eq. (3)}$$

O termo do lado esquerdo é função de r e o do lado direito é função de z , ou seja, $f(r) = g(z)$. Logo,

$$\frac{\mu}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) = \frac{\partial p}{\partial z} = \text{constante} = \frac{dp}{dz}.$$

Rearranjando a Eq. (3), tem-se:

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) = \frac{1}{\mu} \frac{dp}{dz} r$$

Que integrando-se em r , resulta em:

$$r \frac{\partial v_z}{\partial r} = \frac{1}{\mu} \frac{dp}{dz} \frac{r^2}{2} + c_1$$

Devido à simetria em relação à linha de centro da tubulação, em $r = 0$, $\frac{\partial v_z}{\partial r} = 0$, logo: $c_1 = 0$, portanto:

$$r \frac{\partial v_z}{\partial r} = \frac{1}{\mu} \frac{dp}{dz} \frac{r^2}{2}, \text{ ou}$$

$$\frac{\partial v_z}{\partial r} = \frac{1}{\mu} \frac{dp}{dz} \frac{r}{2}, \text{ que integrando-se em } r, \text{ resulta em:}$$

$$v_z = \frac{1}{\mu} \frac{dp}{dz} \frac{r^2}{4} + c_2 \quad \text{Eq. (4)}$$

Como em $r = R$, $v_z = 0$, tem-se:

$$c_2 = -\frac{1}{\mu} \frac{dp}{dz} \frac{R^2}{4}.$$

Substituindo c_2 na Equação 4, resulta em:

$$v_z = \frac{1}{\mu} \frac{dp}{dz} \frac{r^2}{4} - \frac{1}{\mu} \frac{dp}{dz} \frac{R^2}{4} \rightarrow v_z = \frac{1}{4\mu} \frac{dp}{dz} (r^2 - R^2), \text{ portanto:}$$

$$v_z = -\frac{R^2}{4\mu} \frac{dp}{dz} \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right) \quad \text{Eq. (5)}$$

O sinal de negativo no termo do lado direito da equação é devido ao fato de $\frac{dp}{dz} < 0$.

A velocidade é máxima ($v_{z,max}$) em $r = 0$. Logo:

$$v_{z,max} = -\frac{R^2}{4\mu} \frac{dp}{dz} \quad \leftarrow \quad \text{Velocidade máxima.}$$

Pela definição de velocidade média tem-se:

$$\bar{v}_z = \frac{1}{A} \int_A v_z dA \quad \text{Eq. (6)}$$

onde: $A = \pi R^2$ e $dA = 2\pi r dr$.

Substituindo a Eq. (5) na Eq. (6) e integrando-se em r , tem-se:

$$\bar{v}_z = -\frac{R^2}{8\mu} \frac{dp}{dz} \quad \leftarrow \quad \text{Velocidade média.}$$

Portanto:

$$\bar{v}_z = \frac{v_{z,max}}{2} \quad \leftarrow \quad \text{Solução.}$$