

The logo consists of the letters 'BR' in a bold, white, sans-serif font, set against a dark grey rectangular background.

**PETRÓLEO BRASILEIRO S.A.  
PETROBRAS**

**Processo Seletivo Público  
Nível Superior**

**CADERNO DE PROVA**

Aplicação: 28/3/2004

CARGO: **18**

**Engenheiro(a) de  
Equipamentos Pleno – Mecânica**

**UNESP**

UNIVERSIDADE DE BRÁSILIA  
Criando Oportunidades para Realizar Sonhos

**ATENÇÃO**

**Neste caderno, confira atentamente o  
NÚMERO e o NOME DO SEU CARGO.**

**Leia com atenção as instruções  
constantes na capa do CADERNO DE  
PROVA DE CONHECIMENTOS BÁSICOS  
(capa colorida).**

**Conhecimentos Específicos**



## CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

A respeito da físico-química metalúrgica, julgue os itens a seguir.

- 46** Sabe-se que os diagramas de fase para uso em metalurgia são, geralmente, gráficos que indicam os valores de temperaturas e composições em que as fases e misturas de fases específicas são estáveis à pressão de uma atmosfera. Assim, é correto afirmar que, para obter o diagrama de fases de uma liga metálica, deve-se submeter diferentes composições da liga a variações bruscas de temperatura — elevadas taxas de aquecimento ou resfriamento — e, rapidamente, observar e registrar as fases referentes às várias combinações de composição e temperatura.
- 47** O termo linha *liquidus* é usado para indicar o lugar geométrico das temperaturas acima das quais todas as composições de uma liga são exclusivamente líquidas.
- 48** Sabendo que o uso da energia livre na análise do equilíbrio químico de um sistema de vários componentes, mantido à pressão constante de cerca de 1 atm, leva à regra das fases, a qual relaciona entre si os números de: variáveis independentes ou graus de liberdade ( $G$ ); componentes ( $C$ ); e fases presentes ( $F$ ), conforme a expressão:  $F+G = C+1$ , então, no caso de três fases estarem presentes em um sistema binário, o número de graus é zero ( $G = 0$ ).
- 49** Sabendo que  $F + G = C + 1$ , é correto afirmar que em uma região monofásica do diagrama de fases de um sistema binário (por exemplo, as regiões  $\alpha$ ,  $\beta$  e líquida), o número de graus de liberdade é três ( $G = 3$ ).
- 50** Em processos eletroquímicos, os materiais designados de passivos são, verdadeiramente, aqueles que possuem camadas protetoras superficiais de óxido extremamente estáveis para certos ambientes.
- 51** Os metais são reativos e ocorrem na natureza na forma de compostos químicos, no entanto, existem duas exceções: ouro (Au) e platina (Pt), para os quais, em vários ambientes, a oxidação não é favorável. Nesse caso, é correto afirmar que, de acordo com a série de potenciais de eletrodo padrão, esses dois metais são os mais anódicos.

Acerca da estrutura dos materiais, julgue os itens seguintes.

- 52** Muitos são os exemplos de metais que apresentam os arranjos cristalinos tipo cúbico de face centrada (CFC) e hexagonal compacto (HC). Para esses arranjos, é correto afirmar que eles apresentam o mesmo fator de empacotamento atômico (FEA).
- 53** Os cristais de ferro gama ( $Fe\gamma$ ) são do tipo CFC e apresentam fator de empacotamento atômico ( $FEA = 0,74$ ) superior em relação aos de ferro alfa ( $Fe\alpha$ ), que são cúbicos de corpo centrado (CCC,  $FEA = 0,68$ ). Nesse caso, é correto afirmar que no diagrama de fases ferro-carbono (Fe-C) a solubilidade do carbono na ferrita ( $Fe\alpha + C$ ) é bem maior que na austenita ( $Fe\gamma + C$ ), já que na solução sólida intersticial ferrita há mais espaços vazios para alojar os átomos de carbono.

- 54** O cobre, o ouro e a prata destacam-se por apresentarem elevadas condutividades elétrica e térmica. Então, é correto o raciocínio de que tal fato ocorre em virtude do número dos elétrons de valência desses metais ser relativamente mais baixo, e, como consequência, maior é a predominância da ligação metálica nesses casos.
- 55** No diagrama de fases do sistema binário chumbo-estanho (Pb-Sn), a liga que possui cerca de 62% de Sn (~ 38% de Pb), em peso, é denominada liga eutética e se funde a aproximadamente 183 °C, e a liga de solda designada estanho 60-40 (60% Sn – 40% Pb), bem próxima à composição eutética, tem largo uso, por exemplo, na montagem de circuitos elétricos. Então, uma característica importante da liga estanho 60-40 é que a sua temperatura de fusão é próxima à máxima temperatura de fusão que as diferentes composições desse sistema apresentam.

Acerca de metalurgia física, julgue os itens a seguir.

- 56** No diagrama ferro-carbono (Fe-C) há vários pontos importantes, um deles corresponde à microestrutura conhecida como perlita, a qual possui em sua composição cerca de 0,8% de C, em peso. Adicionalmente, o ponto associado à perlita também coincide com o ponto eutético do diagrama Fe-C.
- 57** Tanto os aços quanto os ferros fundidos são ligas que consistem em uma solução sólida substitucional de carbono no ferro e um dos detalhes que distingue essas duas ligas entre si é a porcentagem de C em cada uma delas. Nesse caso específico, é correto afirmar que os ferros fundidos tipicamente possuem menos de 1,9% de C, em peso, ao passo que os aços ao carbono comerciais, em geral, apresentam um teor de carbono bastante superior.
- 58** No chamado trabalho a frio dos aços, ocorre o encruamento da liga. Nesse caso, o trabalho a frio, por um lado, aumenta a tensão de escoamento e a resistência mecânica da liga, mas, em contrapartida, torna a liga mais frágil.
- 59** Revenido ou revenimento — um tratamento térmico complementar que se segue à têmpera, ou martêmpera, com a finalidade de diminuir a excessiva dureza e as tensões termomecânicas residuais associadas aos tratamentos anteriores — é feito a temperaturas inferiores à da zona crítica. Assim, durante o revenimento de um aço, se ele permanecer por algum tempo em certas faixas de temperatura proibidas, pode ocorrer uma redução na resistência ao impacto, a qual é passível de se verificar por meio de um ensaio Charpy.
- 60** No diagrama ferro-carbono (Fe-C), há uma região correspondente à solução sólida intersticial de C no ferro delta ( $Fe\delta$ ). Com relação a essa região, a fase constituída por  $Fe\delta$  e C tem relevância tecnológica por ser de importância prática na caracterização microestrutural dos aços ao carbono.

No que se refere às técnicas de análise microestrutural, julgue os itens a seguir.

- 61** Os métodos de difração de raios X usados tanto no estudo de monocristais como no de policristais coincidem quanto à fixação do ângulo de incidência e quanto ao tipo de radiação incidente.
- 62** Quando feixes de raios X paralelos, monocromáticos e de mesma fase incidem em planos atômicos mutuamente paralelos, a chamada lei de Bragg relaciona entre si: o comprimento de onda do feixe; o espaçamento interatômico dos planos; e o ângulo para o qual ocorre difração. Assim, a lei de Bragg é uma condição necessária, mas não suficiente, para haver difração, ou seja, interferência construtiva dos raios dispersos em cristais reais.
- 63** Os raios X são radiações eletromagnéticas que possuem elevadas energias e comprimentos de onda da ordem da magnitude dos espaçamentos atômicos existentes nos materiais sólidos e só foram descobertos por volta de 1940, durante a segunda Guerra Mundial.
- 64** Por serem os grãos de amostras monofásicas normalmente irregulares, é difícil conceituar, com grande precisão, seu tamanho ou diâmetro. Nesse contexto, o método comparativo com microestruturas padrão é bastante simples e difundido para se determinar rotineiramente tamanhos médios de grãos.
- 65** Em microscopia eletrônica, ocorrem vários processos de interação durante a incidência de um feixe de elétrons em uma amostra. Os elétrons transmitidos, particularmente os espalhados elasticamente, são os usados em microscopia eletrônica de transmissão (MET). Nessa técnica de caracterização, o fenômeno básico que ocorre na formação de imagens em MET é o espalhamento dos elétrons pelos átomos da amostra; ao contrário dos raios X, na MET os elétrons do feixe são espalhados não pelos elétrons dos átomos da amostra, mas sim pelos seus núcleos.

Um parafuso longo é empregado para prender uma tampa de vaso de pressão. Considerando que o parafuso é solicitado essencialmente à tração, julgue o item abaixo.

- 66** Para efeito de cálculo do dimensionamento à tração do parafuso, admite-se que as tensões normais se distribuem uniformemente sobre a seção transversal do mesmo, em regiões suficientemente distantes da cabeça ou da porca.

Com relação à seção transversal de uma viga de aço com seção transversal em perfil I apoiada em suas extremidades e submetida ao peso próprio, é correto afirmar que

- 67** as contribuições das mesas da viga ao momento de inércia de área devem-se principalmente às distâncias entre os centros geométricos das mesas e o centro geométrico da seção I.

Supondo que um ponto material está submetido a um estado de tensão qualquer, julgue os itens a seguir.

- 68** A maior tensão cisalhante observada no ponto material é sempre igual à média aritmética das tensões principais máxima e mínima no ponto.
- 69** Se as três tensões principais são iguais entre si, então todo plano passando pelo ponto material é plano principal.

Um reservatório de forma esférica e parede com espessura  $t$  muito menor que seu raio  $r$  é preenchido com gás a uma pressão  $p$ . Em relação a esse reservatório, julgue os itens a seguir.

- 70** A resistência do reservatório à pressão interna é menor que aquela em um reservatório cilíndrico com mesmo raio  $r$  em seu trecho cilíndrico, parede com mesma espessura  $t$  e construído com o mesmo material.
- 71** Como o vaso de pressão tem parede com espessura  $t$  muito menor que seu raio  $r$ , é correto admitir que a tensão de membrana varie linearmente ao longo da espessura.
- 72** Como a tensão de membrana em um ponto do vaso de pressão independe do plano considerado, desde que o mesmo passe pelo centro da esfera, é correto concluir que não se observam tensões cisalhantes nas paredes do reservatório.
- 73** A tensão de membrana observada na parede do reservatório pode ser corretamente calculada por meio da fórmula  $\sigma = \frac{pr}{2t}$ .

Um tubo de aço com diâmetro  $D$ , parede com espessura  $t$ , comprimento  $L$  e submetido ao peso próprio com resultante  $P$  está apoiado sobre dois calços, um em uma de suas extremidades e o outro a uma distância  $\frac{L}{3}$  da outra extremidade. Nessas condições, julgue os itens a seguir.

- 74** Uma vez que a deflexão da extremidade não apoiada do tubo é não-nula, o momento fletor correspondente também é não-nulo.
- 75** O maior momento fletor observado no tubo, em valor absoluto, é igual a  $\frac{PL}{18}$  e ocorre na seção transversal apoiada à distância  $\frac{L}{3}$  de uma das extremidades.
- 76** A maior força cortante observada no tubo, em valor absoluto, é igual a  $\frac{5P}{12}$ .
- 77** A distribuição de momentos fletores pode ser calculada derivando-se a função que descreve a distribuição dos esforços cortantes em relação à coordenada longitudinal do tubo.

Uma viga com comprimento  $L$ , seção transversal retangular com altura  $h$  e largura  $b$  está submetida a seu peso próprio e está engastada em ambas as extremidades. Nessas condições, julgue os itens que se seguem.

- 78** A mesma viga, simplesmente apoiada em suas extremidades e submetida ao mesmo carregamento por peso próprio, estaria submetida a tensões normais 50% maiores que na situação presente, biengastada.
- 79** As equações de equilíbrio são suficientes para determinar os esforços reativos nos engastamentos.
- 80** A deflexão máxima da viga ocorre em seu centro e pode ser calculada pela fórmula  $-\frac{qL^4}{384EJ}$ , em que  $E$  representa o módulo de elasticidade do material,  $J = \frac{bh^3}{12}$  representa o momento de inércia de área da seção transversal e  $q$  representa o peso próprio por unidade de comprimento da viga.
- 81** As seções transversais onde a curvatura da viga deformada é máxima estão associadas às seções onde os maiores momentos fletores, em valor absoluto, são observados.

Um eixo de aço de seção circular vasada, com comprimento  $L$ , diâmetro externo  $D_e$  e diâmetro interno  $D_i$ , aciona uma broca de perfuração. Durante a operação, o torque resistente sobre a broca tem valor  $M$ , enquanto o torque resistente por unidade de comprimento atuante pelo solo sobre o eixo tem valor  $m$ . Em relação à essa situação, julgue os itens subseqüentes.

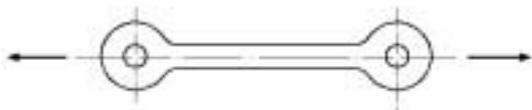
- 82** As seções transversais mais solicitadas do eixo são aquelas próximas da broca.
- 83** Se o diâmetro interno  $D_i$  do eixo é igual à metade do diâmetro  $D_e$ , então, adotando-se como critério o valor absoluto da tensão cisalhante máxima, a resistência do eixo é igual à metade daquela associada a um eixo de seção circular cheia construído com o mesmo material e o mesmo diâmetro externo  $D_e$ .
- 84** O maior valor da tensão cisalhante observado no eixo é igual a  $\frac{32 D_e (M + mL)}{\pi (D_e^4 - D_i^4)}$ .
- 85** De acordo com a teoria de Bernoulli, a distribuição da tensão cisalhante nas seções transversais do eixo é diretamente proporcional ao raio em cada ponto material considerado.

Componentes de máquinas e estruturas mecânicas devem ser inspecionados em sua fabricação e durante a vida operacional, para assegurar condições de funcionalidade e segurança. Ensaio não-destrutivo referem-se ao conjunto de técnicas de inspeção que mantêm a peça examinada apropriada para uso posterior. Com relação aos ensaios não-destrutivos, julgue os itens que se seguem.

- 86** A simples inspeção visual de uma peça a olho nu não pode ser considerada uma técnica de inspeção não-destrutiva.
- 87** A grande vantagem dos ensaios com líquidos penetrantes refere-se à possibilidade de detecção de qualquer tipo de trinca superficial em qualquer tipo de material, de forma rápida e barata. Entretanto, esses ensaios somente podem revelar discontinuidades relativamente grosseiras, da ordem de 0,1 mm de largura.
- 88** Um ensaio com líquido penetrante consiste na aplicação, por meio de pincel, imersão, pistola ou *spray*, de um líquido, geralmente de cor vermelha ou fluorescente, capaz de penetrar nas discontinuidades depois de determinado tempo em contato com a superfície da peça ensaiada. Depois de remover o excesso de líquido, deve-se aplicar um revelador, um talco branco que atua como se fosse um mata-borrão, sugando o penetrante das discontinuidades e revelando-as.
- 89** O ensaio por partículas magnéticas é uma opção possível para detectar defeitos superficiais e subsuperficiais, até uma profundidade de 3 mm, em tubulações fabricadas em aço inoxidável austenítico e cobre.
- 90** A termografia industrial tem larga aplicação na indústria petroquímica, na inspeção de serpentinas de fornos de aquecimento e craqueamento térmico, na avaliação de revestimentos isolantes e refratários internos de dutos de gases quentes e chaminés. Consiste na medição do campo de temperaturas existente na peça examinada por meio de pinturas sensíveis, cristais líquidos, radiômetros e sistemas de visão infravermelha.

Metais, polímeros e cerâmicas compõem as três grandes classes de materiais disponíveis para aplicações de engenharia. São as características específicas de cada material que irão determinar a escolha correta para a aplicação em produtos industriais, componentes de máquinas e estruturas. No que se refere a esse assunto, julgue os itens a seguir.

- 91 O alto teor de cementita faz do ferro fundido branco um material não-dúctil, muito frágil, com uma superfície muito dura, o que o torna próprio para aplicações que requerem alta resistência à abrasão.
- 92 As ligas de titânio não são magnéticas, apresentam boa relação resistência/peso e também boa resistência à corrosão e são recomendadas para aplicações em que se requer associação de resistência mecânica, resistência à corrosão e peso reduzido. Entretanto, são difíceis de serem usinadas ou conformadas, o que as torna muito caras para a fabricação de peças e limita consideravelmente sua utilização para aplicações usuais.
- 93 A grande vantagem e o apelo à utilização dos compósitos poliméricos reforçados por fibras contínuas de carbono, vidro ou aramidas (*kevlar*) em aplicações estruturais é a baixa rigidez específica desses materiais, que torna as estruturas muito leves.
- 94 Os aços inoxidáveis martensíticos são essencialmente ligas Fe-C-Cr com, eventualmente, pequenas quantidades de níquel e possuem alta temperabilidade, a qual lhes proporciona propriedades mecânicas desejadas. São chamados de aços-turbina por serem freqüentemente empregados em pás de turbinas e compressores, molas, eixos, hélices de bombas, hastes de válvulas etc.
- 95 ALCLAD é a designação dada a chapas ou tubos de alumínio recobertos com uma película de  $Zn_2O_3$  altamente aderente, contínua e uniforme, aplicada em ambas as faces.



Considere que a barra mostrada na figura acima seja parte de um mecanismo articulado de um sistema robótico e tenha como função a transmissão de movimento linear e forças por meio de pinos transversais montados nos olhais. Com relação aos critérios de seleção do material para essa aplicação, julgue os itens subseqüentes.

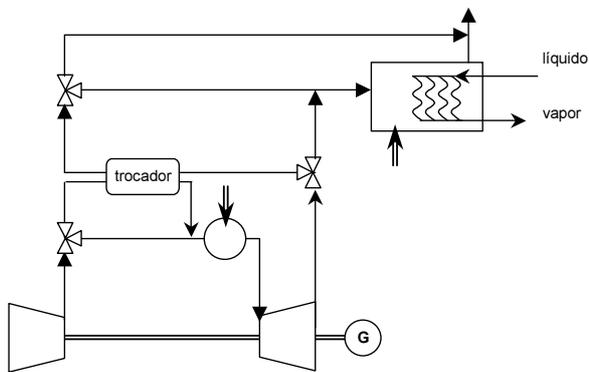
- 96 Para que a barra possa ser submetida a choques eventuais, o material deverá ter elevada tenacidade à fratura para reduzir a fragilidade do componente.
- 97 Para evitar alteração nas dimensões da barra em função de variações na temperatura, o material deverá ser de baixa condutibilidade térmica.

Acerca da termodinâmica, julgue os itens que se seguem.

- 98 Em um sistema termodinâmico, de substância pura, duas propriedades quaisquer sempre definem o estado termodinâmico.
- 99 A função de Gibbs é constante em um processo reversível, isotérmico e isobárico, logo, pode ser de extrema importância em sistemas reagentes que ocorrem nas referidas condições.
- 100 Em sistemas termodinâmicos fechados, com paredes adiabáticas, impermeáveis e totalmente rígidas, pode-se alterar o estado termodinâmico com expansão súbita, porém tal processo é considerado irreversível.
- 101 Em um sistema termodinâmico, composto, por exemplo, por  $CO$ ,  $O_2$  e  $CO_2$ , o equilíbrio químico é estabelecido tanto pela primeira lei da termodinâmica quanto pela segunda.
- 102 Em uma compressão real entre as pressões  $P_1$  e  $P_2$ , gás perfeito, a temperatura final é sempre maior que a ideal (isentrópica).
- 103 Alterações na função de Helmholtz em um processo reversível isotérmico equivalem ao trabalho realizado sobre o sistema.

Trocas de calor são mais eficientes quando simplesmente se misturam os fluxos com diferentes estados termodinâmicos, em processos adiabáticos. Sabe-se, contudo, que processos de mistura são grandes causadores de irreversibilidade. Considerando essas informações, julgue o seguinte item.

- 104 Em um processo adiabático de mistura de dois fluxos de água, um no estado superaquecido e o outro no estado líquido, são necessárias a primeira e a segunda leis para a determinação do estado final da mistura.

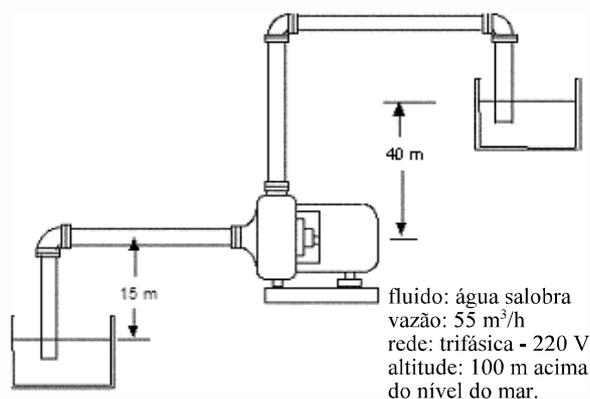


A figura acima mostra o esquema de uma instalação de cogeração em que a razão entre calor e eletricidade gerados (*heat/power*) varia em amplo espectro. Em linhas gerais, tem-se um ciclo Brayton, com um regenerador (trocador) e um recuperador de calor (caldeira). As linhas duplas significam entrada de combustível. Nesse contexto, julgue os itens subseqüentes.

- 105** Para a razão *heat/power* > 2,0, o regenerador não deve ser utilizado quando se pretende manter a eficiência global da planta em valores elevados.
- 106** A caldeira de recuperação, em termos práticos, deve ser projetada para retirar o máximo possível de entalpia dos gases de descarga do ciclo Brayton, gerando assim maior quantidade de vapor de processo.
- 107** Nesse tipo de instalação, se a potência gerada no ciclo Brayton for superior a 100 MW, é mais vantajoso utilizar o vapor gerado em um ciclo Rankine.
- 108** Uma maneira de aumentar a eficiência do ciclo Brayton seria a injeção de vapor na saída da câmara de combustão, antes da expansão na turbina, não esquematizado na figura.
- 109** Atualmente, esse tipo de planta está perdendo competitividade para o ciclo combinado, onde a eletricidade extra gerada em um ciclo Rankine pode produzir vapor em caldeiras elétricas, com eficiência superior a 85%.

Acerca de instalações de bombeamento, julgue os itens que se seguem.

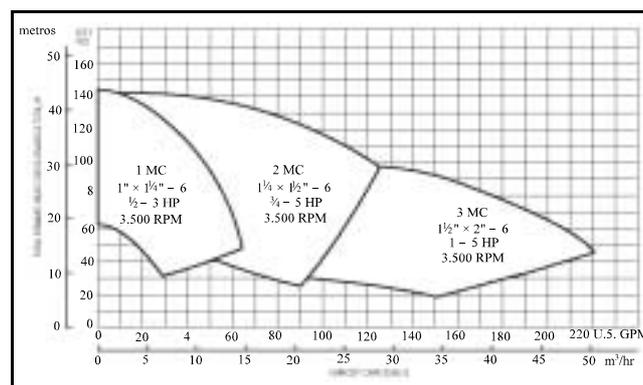
- 110** As bombas rotativas são aquelas que possuem vazão constante independente da contrapressão, desde que o motor tenha potência suficiente, não impõem velocidade ao fluido bombeado, o peso específico do líquido não influencia a pressão de saída e apresentam um ponto ótimo de operação para uma dada vazão/pressão requerida.
- 111** Dobrando-se a velocidade de uma bomba, a potência dobrará se ela for rotativa e será oito vezes maior se a bomba for centrífuga.
- 112** Cavitação ocorre quando o fluido se expande subitamente nas paredes do rotor, causando danos à sua superfície.



A figura acima apresenta um desenho esquemático de instalação de bombeamento. As condições de operação sugeridas no esquema foram idealizadas em função unicamente das necessidades do solicitante e enviadas a um fabricante. Nessas condições, julgue o item seguinte.

- 113** Bombas centrífugas não podem ser empregadas nesse tipo de aplicação.

Uma caldeira que opera a 5 bar, necessita de 30 m<sup>3</sup>/h de água e está situada a 20 m acima do reservatório de água. As perdas de carga são equivalentes à altura manométrica devido à diferença de cota. A bomba original sofreu danos irreversíveis. O setor de manutenção descobriu no estoque três bombas 1MC, uma bomba 2MC e duas bombas 3MC, conforme a figura a seguir.



Com base nessa situação, julgue o item subseqüente.

- 114** Com as bombas disponíveis foi possível resolver o problema.

A respeito de turbinas, julgue os itens a seguir.

- 115** Em um ciclo Rankine, com turbina de impulso e superaquecimento, operando entre 70 e 0,5 bar, podem ser gerados 52 MW de potência útil, a plena carga. Aumentando-se a pressão de 70 para 90 bar pode-se gerar até 15% a mais de potência.
- 116** A aceleração do gás em bocais de expansão ocorre em uma parte convergente e, em seguida, divergente porque o processo real não é totalmente isentrópico, de forma que o calor gerado pelo atrito nas altas velocidades provoca aumento do volume específico do gás exigindo maiores áreas de escoamento.

Uma das alternativas para que se consiga reduzir emissões de gases do efeito estufa e reduzir os custos de geração de potência através de pequenos aumentos de eficiência global, consiste em combinar os ciclos Brayton e Rankine. Para uma dada razão de pressão e fluxo mássico de combustível do ciclo Brayton, julgue os itens a seguir.

- 117** No ciclo Brayton, o aumento da temperatura de descarga do ar do compressor, utilização de palhetas de turbina de material cerâmico com palhetas de alto desempenho na turbina a vapor (ciclo Rankine) melhoram o rendimento global do ciclo combinado.
- 118** A utilização de palhetas cerâmicas na turbina a gás, altas eficiências isentrópicas para o compressor e a turbina a vapor, e diminuição na pressão de condensação do ciclo Brayton melhoram o rendimento global do ciclo combinado.
- 119** Para os ciclos Brayton e Rankine, tem-se, respectivamente, diferencial de pressão de 10 e 30 bar. Dessa forma, é mais produtivo para a eficiência global do ciclo combinado aumentar a eficiência isentrópica da bomba d'água do que a eficiência do compressor, admitindo-se que tais eficiências são, originalmente, de 90%.
- 120** Se o ciclo Brayton opera com 100 kg/s de ar, o ciclo Rankine deve operar com taxas bem menores, devido à diferença de calor específico dos fluidos, o excessivo calor de vaporização da água, o rendimento do recuperador de calor, e a necessidade de preservar tal equipamento de possível condensação do vapor d'água contido nos gases de exaustão do ciclo Brayton, entre outros.
- 121** Se o ciclo Brayton possui eficiência de 40% e o Rankine de 20%, a eficiência do ciclo combinado é de 60%.
- 122** O cálculo da eficiência teórica do ciclo combinado pode ser realizado conhecendo-se apenas o PCI (J/kg) e a vazão mássica (kg/s) do combustível, e o calor total, por unidade de tempo, transferido no condensador.
- 123** Em função dos elevados níveis de pressão de trabalho de ciclos Rankine e considerando-se uma bomba com eficiência isentrópica de 80%, é correto afirmar que 20% da potência fornecida na turbina a vapor é utilizada para acionar a bomba, o restante pode ser utilizado no gerador elétrico.

O gás natural será, em um futuro próximo, um insumo importante na matriz energética nacional, principalmente depois das recentes descobertas de importantes jazidas no país. Com relação a esse assunto, julgue os itens seguintes.

**124** Equipamentos que utilizam gás liquefeito de petróleo (GLP) e ar como oxidante, em geral, podem operar com gás natural (GN). Faz-se necessário, basicamente, o ajuste da razão ar-combustível, já que o coeficiente estequiométrico para o oxidante, em uma queima com razão de equivalência unitária, será próximo de dois para o GN e entre sete e nove para o GLP.

**125** Em função de uma queima mais limpa, o gás natural tem-se tornado uma boa opção na indústria em substituição, por exemplo, ao óleo diesel, em caldeiras de vapor, uma vez que a queima dos dois combustíveis, exceto pelo fato de um ser líquido e o outro gasoso, ajustando-se as quantidades queimadas, devido aos diferentes PCIs (poder calorífico inferior), são rigorosamente iguais.

**126** O gás natural veicular, por ser um combustível que não polui a atmosfera, deveria ter seu uso obrigatório, em grandes metrópoles.

Considerando a combustão como um importante processo na indústria, julgue os itens subseqüentes.

**127** A queima de coque, um sólido derivado do processamento do petróleo que é rico em carbono, ocorre por vaporização do mesmo seguida das reações de oxidação na fase gasosa.

**128** Em caldeiras operando com óleo combustível pesado, a parcela de transferência de calor por radiação é tão significativa quanto à da convecção. A primeira é mais eficiente e vantajosa do ponto de vista da formação de alguns poluentes dependentes da temperatura de chama adiabática local.

**129** A emissão de radiação térmica em sistema com queima de hidrocarbonetos leves, com baixa formação de fuligem, se dá pelo estado de excitação de algumas espécies mais estáveis, presentes nos produtos da combustão.

**130** São imprescindíveis, no cálculo teórico da transferência de calor dos produtos da combustão para as paredes do reator ou caldeira, os seguintes números adimensionais Re, Nu, Pr e Sw, entre outros.

A respeito do vapor, considerado um importante insumo industrial, julgue os itens a seguir.

**131** Na seqüência de procedimentos principais no acionamento de uma caldeira do tipo flamotubular, que operam em pressões médias e baixas, tem-se o acionamento do compressor de ar, acionamento da centelha seguida da injeção de combustível, verificação do acendimento (célula fotoelétrica ou outro dispositivo) e manutenção da chama até o momento em que a pressão atinja o valor ajustado de operação, desde que o nível mínimo de água não seja ultrapassado.

**132** Em caldeiras flamotubulares, a deposição e a agregação de sólidos à base de sulfatos, carbonatos, silicatos, com condutibilidade térmica superior ao aço, melhoram a transferência de calor para a água, reduzindo a temperatura dos gases de combustão abaixo do ponto de orvalho, o que é indesejável em virtude da corrosão, principalmente se o combustível contém enxofre.

Fornos rotativos são equipamentos desejáveis quando se buscam altas taxas de transferência de calor com distribuição mais uniforme de temperatura, elevados tempos de residência dos produtos da combustão no interior do forno que reage, por exemplo, com partículas sólidas que escoam no modo co-corrente ou contra-corrente. Tais equipamentos podem chegar a mais de 50 m de comprimento. Combustíveis gasosos, líquidos ou sólidos podem ser empregados e normalmente se trabalha com excesso de ar considerável na combustão.

Considerando o texto acima, julgue os itens que se seguem.

**133** Nesses equipamentos, a injeção de combustível e sua posterior mistura com o ar deve ser bem realizado para se otimizar a queima. Apesar do excesso de ar, uma parte considerável da reação ocorre próximo da estequiometria, resultando na emissão de alguns gases poluentes.

**134** Para evitar fusão da parede do forno, na maioria dos casos, utiliza-se sistema de resfriamento com camisa d'água.

Considerando que um tanque que armazena gás liquefeito de petróleo (GLP), em estados líquido e gasoso, possua um manômetro que registra a pressão manométrica, julgue os seguintes itens.

- 135** A pressão absoluta no tanque é dada pela soma das pressões manométrica e atmosférica.
- 136** A pressão absoluta no tanque é, em geral, inferior à atmosférica, caracterizando uma pressão vacuométrica.
- 137** Se o manômetro for instalado na posição inferior do tanque, ele deverá medir uma pressão equivalente à altura de gás liquefeito dada por  $\rho \times g \times H$ , em que,  $\rho$  é a massa específica,  $g$ , a aceleração da gravidade, e  $H$ , a altura de fluido no tanque.
- 138** A pressão nas paredes do tanque somente será distribuída uniformemente se o tanque armazenar GLP em fase gasosa.

A equação de Bernoulli, proposta em 1738, relaciona pressão, velocidade e elevação em um escoamento de fluido. Julgue os itens que se seguem, quanto a essa equação.

- 139** O escoamento deve ocorrer em regime permanente, sem apresentar atrito.
- 140** Essa equação pode ser corretamente aplicada tanto a escoamentos incompressíveis quanto a escoamentos compressíveis.
- 141** Essa equação quantifica a relação entre pressão, velocidade e elevação em uma única linha de corrente.
- 142** Na ausência de potência de eixo e troca de calor, as equações de energia e de Bernoulli são equivalentes para um escoamento incompressível e em regime permanente.

Considerando que um fluido viscoso escoar em uma tubulação com comprimento, diâmetro e a uma vazão conhecidos, julgue os itens subseqüentes.

- 143** A perda de carga nessa tubulação pode ser estimada a partir do diagrama de Moody, que relaciona um fator adimensional de atrito com o número de Reynolds do escoamento e a rugosidade relativa da tubulação.
- 144** Se o diâmetro da tubulação aumentar, a perda de carga também deve aumentar.
- 145** Se a vazão do escoamento diminuir, a perda de carga também deve diminuir.

Os escoamentos de fluidos seguem as equações clássicas de conservação da massa, da quantidade de movimento e de energia. Essas equações são expressas de forma integral ou diferencial e são aplicadas em diferentes problemas de engenharia. Nesse contexto, julgue os seguintes itens.

- 146** A equação da continuidade quantifica a conservação da massa em qualquer posição do escoamento. Para escoamento incompressível, a forma diferencial da equação caracteriza o campo de velocidade como solenoidal, isto é, campo com divergência nula.
- 147** Para fluidos newtonianos incompressíveis, a tensão em um ponto é linearmente proporcional à velocidade, e o coeficiente de proporcionalidade é a viscosidade.
- 148** O balanço de quantidade de movimento em fluidos viscosos newtonianos é expresso pela equação de Navier-Stokes, que é válida somente para escoamentos viscosos laminares.
- 149** No modelo de escoamento potencial, considera-se que o fluido é não-viscoso e incompressível.
- 150** A equação de Euler para escoamentos de fluidos tem como premissa o fato de o tensor de tensões ser diagonal e suas componentes serem diretamente proporcionais ao gradiente de pressão.

Na mecânica dos fluidos, constantemente são utilizados parâmetros adimensionais que permitem o estabelecimento de leis empíricas para diferentes tipos de escoamento, denominado análise dimensional e semelhança. A respeito desse assunto, julgue os itens a seguir.

- 151** O número de Reynolds, um dos parâmetros adimensionais mais importantes da mecânica dos fluidos, quantifica uma relação entre esforços de inércia e esforços viscosos.
- 152** Altos números de Reynolds correspondem a instabilidades no escoamento e, portanto, a mudança de regime de laminar para turbulento.
- 153** O número de Reynolds é o único parâmetro que pode caracterizar a transição de escoamento de laminar para turbulento.
- 154** O número de Mach correlaciona a velocidade característica do escoamento com a velocidade do som no meio. Para Mach inferior a 0,3, o escoamento é considerado incompressível.
- 155** O arrasto de um escoamento externo pode ser quantificado pelo coeficiente de arrasto. Para uma dada geometria, esse coeficiente é função unicamente da velocidade do escoamento.
- 156** O número de Froude — definido como  $F_r = \frac{U^2}{gL}$ , em que  $U$  é a velocidade do escoamento,  $g$ , a aceleração da gravidade, e  $L$ , o comprimento característico — é um adimensional que deve ser utilizado em escoamentos de superfície livre, como em problemas de escoamentos em oceanos.

Os escoamentos de fluidos em tubulações industriais envolvem perdas de carga devido ao atrito em tubulações retas e perdas localizadas em válvulas ou conexões. Nesse contexto, julgue os itens que se seguem.

- 157 A perda de carga em uma tubulação depende da viscosidade do fluido, do diâmetro e comprimento do duto e da vazão.
- 158 A perda de carga em válvulas é proporcional ao quadrado da velocidade de escoamento do fluido.
- 159 As perdas localizadas devem ser adicionadas às perdas por atrito na tubulação, utilizando-se o coeficiente de perda localizada  $K$ , que é função unicamente da velocidade do escoamento.
- 160 Em bocais divergentes, a pressão e a velocidade do fluido diminuem ao longo do escoamento.

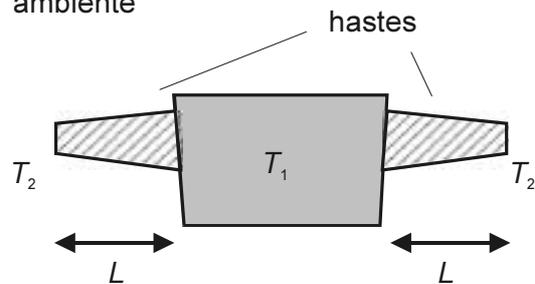
Os mecanismos fundamentais de transferência de calor envolvem o transporte de energia por condução, convecção e radiação. Julgue os itens seguintes, acerca desse assunto.

- 161 A condução de calor é o mecanismo que acontece somente em sólidos e ocorre devido ao processo de transporte de energia de origem de difusão molecular tendo em vista a diferença de temperatura.
- 162 A convecção está associada ao transporte de energia em fluidos em movimento, a partir de uma diferença de temperatura no interior do fluido.
- 163 O processo de transferência de calor por convecção natural associa-se ao movimento de fluidos devido às forças de empuxo.
- 164 A troca de calor pela radiação é um mecanismo que não está associado aos processos formulados pela mecânica dos meios contínuos, visto que essa troca de calor envolve a propagação de energia por ondas eletromagnéticas.

A formulação elementar das trocas de calor por condução, convecção e radiação envolve leis clássicas, postuladas por relações entre o fluxo de calor e a diferença de temperatura. Com base nessas leis, julgue os seguintes itens.

- 165 A lei de Fourier para a condução de calor estabelece uma relação linear do fluxo de calor com a diferença de temperatura, tendo como parâmetro de proporcionalidade a difusividade térmica.
- 166 A convecção foi formulada por Newton para o resfriamento de uma superfície aquecida e relaciona linearmente o fluxo de calor com a diferença de temperatura, introduzindo como parâmetro de proporcionalidade o coeficiente de troca convectiva  $h$ . Essa relação, no entanto, só é aplicável a convecção forçada.
- 167 Em trocas de calor pela radiação, o calor é proporcional à diferença das quartas potências das temperaturas, expressas necessariamente, em kelvins.

temperatura ambiente



Considerando que uma estrutura com hastas de suporte de um equipamento industrial tenha sido construída em material isolante e apresente a geometria como mostrada na figura acima, julgue o item a seguir no que concerne à troca de calor por condução nas referidas hastas.

- 168 Utilizando-se a lei de Fourier, pode-se estimar a troca de calor em cada haste como  $Q = k \frac{A}{L} (T_1 - T_2)$ , em que  $A$  é a área da seção transversal da haste e  $k$  é a sua condutividade térmica.

No escoamento interno em um duto de seção constante, o coeficiente de troca convectiva  $h$  pode ser determinado por meio de uma equação empírica na forma  $Nu = a.Re^b.Pr^c$ , em que  $Nu$  é o número de Nusselt,  $Re$  é o número de Reynolds,  $Pr$  é o número de Prandtl e  $a$ ,  $b$ , e  $c$  são constantes. Considerando que a vazão de escoamento do fluido seja igual a  $Q$  e que o duto possua diâmetro  $D$ , julgue os itens seguintes.

- 169 Se a vazão cai pela metade, então o coeficiente de transferência de calor também é reduzido à metade.
- 170 A vazão do fluido não influencia o fluxo de calor.

A respeito da operação de trocadores de calor, julgue os itens seguintes.

- 171 Trocadores de calor em contracorrente caracterizam-se por apresentarem a transferência de calor entre as parcelas mais quentes e mais frias dos dois fluidos em suas extremidades.
- 172 Nos trocadores de calor em correntes paralelas, as diferenças de temperatura entre os fluidos são mais intensas, envolvendo, portanto, maiores gradientes de troca, o que pode comprometer a integridade estrutural devido a questões de dilatação térmica.
- 173 Para um mesmo coeficiente global de troca  $U$  e nas mesmas características de operação, a área necessária para que ocorra uma determinada taxa de transferência é menor para um arranjo de trocador em paralelo do que em contracorrente.
- 174 As metodologias para cálculo de trocadores de calor baseadas em LMDT ou NUT-efetividade apresentam resultados equivalentes, e a escolha do método deve ser feita com base na facilidade de implementação, o que depende da natureza do problema.
- 175 O cálculo de coeficientes globais de troca de calor em arranjos de trocadores de calor são definidos por gráficos de NUT-efetividade ou LTMD.

