

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: **25**

**Químico(a) de Petróleo**

**Júnior**

**UNESPE**  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
Grando Oportunidades para Melhor Sorriso

**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

Considere que  $f(t)$  é uma função que representa a quantidade de gás natural consumido em  $t$  anos, em bilhões de metros cúbicos e que  $\frac{df(t)}{dt} = 5 + 0,01t$  expressa a taxa de variação do consumo. Suponha também

que um país tenha hoje ( $t = 0$ ) uma reserva de 1.200 bilhões de  $m^3$  de gás natural e o que é consumido não é repostado. Lembrando que, nessas condições,  $f(t) = \int_0^t \frac{df(s)}{ds} ds$ , julgue os itens que se seguem.

- 46** Daqui a 80 anos, o país ainda possuirá mais de 750 bilhões de  $m^3$  de gás natural.
- 47** A reserva de gás natural desse país se esgotará somente daqui a mais de 220 anos.

Suponha que uma mancha de óleo no mar se espalhe circularmente de forma que a taxa na qual o raio do círculo da mancha varia em relação ao tempo seja de 1,5 km/h. Com base nessas informações, julgue os itens seguintes.

- 48** Se, em um determinado instante, a área da superfície da mancha de óleo é igual a  $25\pi \text{ km}^2$ , então 2 horas depois ela será superior a  $60\pi \text{ km}^2$ .
- 49** No instante em que o raio do círculo da mancha for igual a 1 km, a taxa na qual a área da superfície da mancha varia com o tempo é inferior a  $8 \text{ km}^2/\text{h}$ .

Para a fabricação do componente  $x$ , uma empresa desenvolveu os processos de produção I e II. A tabela abaixo apresenta a distribuição de probabilidade do tempo necessário para se produzir esse componente, de acordo com o processo utilizado.

tempo gasto (T) para produzir o componente $x$ (em minutos)	processos	
	I	II
$0 < T \leq 20$	0,3	0,6
$20 < T \leq 40$	0,5	0,3
$40 < T \leq 60$	0,2	0,1
total	1,0	1,0

O custo de produção pelo processo I é igual a R\$ 120,00/componente, se  $T \leq 24$ . Caso contrário, o custo aumenta em  $a$  reais/componente. Já o custo de produção pelo processo II é igual a R\$ 200,00/componente, se  $T \leq 20$ . Caso contrário, o custo aumenta para R\$ 250,00/componente. Em cada intervalo de tempo apresentado na tabela acima, a distribuição é uniforme. A escolha do processo dependerá do custo/componente, do tempo médio gasto para produzir o componente e do coeficiente de variação do tempo gasto.

Com base nessa situação hipotética, julgue os itens a seguir.

- 50** A produção pelo processo I gasta, em média, 40 minutos/componente.
- 51** O custo esperado de produção do componente  $x$  pelo processo II será superior a R\$ 230,00.
- 52** Para que o custo esperado/componente da produção pelo processo II seja menor do que 75% do custo esperado pelo processo I, o valor de  $a$  deve ser inferior a R\$ 75,00.
- 53** Se 4 componentes forem produzidos pelo processo II, a probabilidade de exatamente 2 deles serem produzidos entre 0 e 20 minutos é inferior a 0,4.

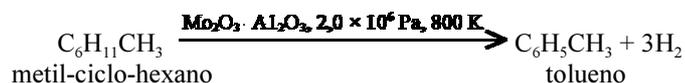
- 54** O desvio-padrão do custo de produção/componente pelo processo II é inferior a R\$ 24,50.
- 55** Para que os dois processos forneçam distribuições de custos com o mesmo coeficiente de variação, o valor de  $a$  deve ser igual a R\$ 50,00.

RASCUNHO

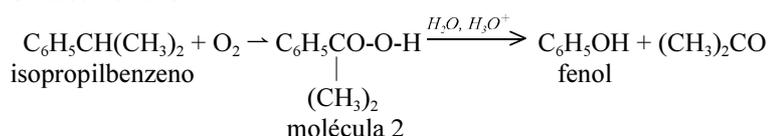
O petróleo e o gás natural são as principais fontes de matéria-prima para a indústria. O gás natural é formado pelos alcanos mais voláteis, sendo o metano seu principal constituinte. Sua queima é muito utilizada na geração de energia para as indústrias, sendo usada também como combustível automotivo.

O petróleo é formado basicamente por alcanos de cadeia normal ou ramificada, cicloalcanos e, em menor proporção, por alcenos e hidrocarbonetos aromáticos. Os hidrocarbonetos aromáticos são uma classe de substâncias de importância industrial obtidas em grande escala a partir dos cicloalcanos extraídos do petróleo. As sínteses de dois hidrocarbonetos aromáticos são apresentadas a seguir.

#### Síntese do tolueno



#### Síntese do fenol



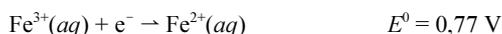
Considerando as informações acima e sabendo que  $M(\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$  e  $M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$ , julgue os itens seguintes.

- 56 A combustão de 16 g de metano transfere 8 elétrons para 4 mols de átomos de oxigênio.
- 57 Nas reações de combustão, o número de oxidação dos átomos que compõem as moléculas do gás oxigênio é reduzido, o que torna o gás oxigênio um agente redutor.
- 58 Considerando que a velocidade média das moléculas do gás carbônico a 25 °C seja igual a 410 m/s, é correto afirmar que todas as moléculas do gás carbônico a 25 °C percorrem 410 metros em um segundo.
- 59 A estequiometria da reação de síntese do tolueno indica que para formar 1 mol de tolueno são necessários 1 mol de metil-ciclo-hexano e 1 mol do complexo  $\text{Mo}_2\text{O}_3 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ .
- 60 A molécula indicada como molécula 2 é um peróxido.
- 61 Considerando que o gás hidrogênio produzido na reação de síntese do tolueno tenha um comportamento distinto do previsto para gases ideais e que esse desvio possa ser medido pelo fator de compressão  $Z \left( Z = \frac{P\bar{V}}{RT} \right)$ , é correto afirmar que, caso esse gás tenha  $Z > 1$ , então as forças repulsivas não estarão atuando entre as moléculas desse gás.
- 62 Sabendo que, a 25 °C e em água, a constante de dissociação ácida para o fenol é igual a  $1,1 \times 10^{-10}$  e para o ácido hipoiódico, HIO, é  $2,3 \times 10^{-11}$ , é correto afirmar que, em meio aquoso, o fenol apresenta um caráter ácido maior que o ácido hipoiódico.
- 63 Se o oxigênio gasoso se comportasse idealmente, os choques entre suas moléculas seriam elásticos e não existiriam interações eletrostáticas entre elas.
- 64 Os catalisadores empregados nas reações de síntese influenciam na lei de velocidade dessas reações, modificando a sua constante de velocidade.
- 65 Sabendo que o benzeno e o tolueno formam uma solução ideal e que as respectivas pressões de vapor, a 25 °C, são 95 mmHg e 24,5 mmHg, então a pressão de vapor do benzeno de uma solução dessas duas substâncias, com fração molar de tolueno igual a 0,2, é maior que 20 mmHg.

Entre os primeiros países a explorar o fundo do oceano em busca do ouro negro, o Brasil desenvolveu tecnologia própria de prospecção e extração, necessitando para isso do emprego de equipamentos resistentes à corrosão provocada pela água do mar.

*Scientific American*, edição especial n.º 3, 2003 (com adaptações).

A corrosão é um processo eletroquímico e a do ferro é uma das mais preocupantes em construções marítimas por causa da presença do sal dissolvido na água, o que acelera o processo. Semi-reações importantes para avaliar esse fenômeno são apresentadas abaixo, com seus respectivos potenciais de redução ( $E$ ). O símbolo  $E^0$  indica o potencial-padrão de redução.



Acerca do tema abordado no texto acima, julgue os itens que se seguem, considerando as informações apresentadas.

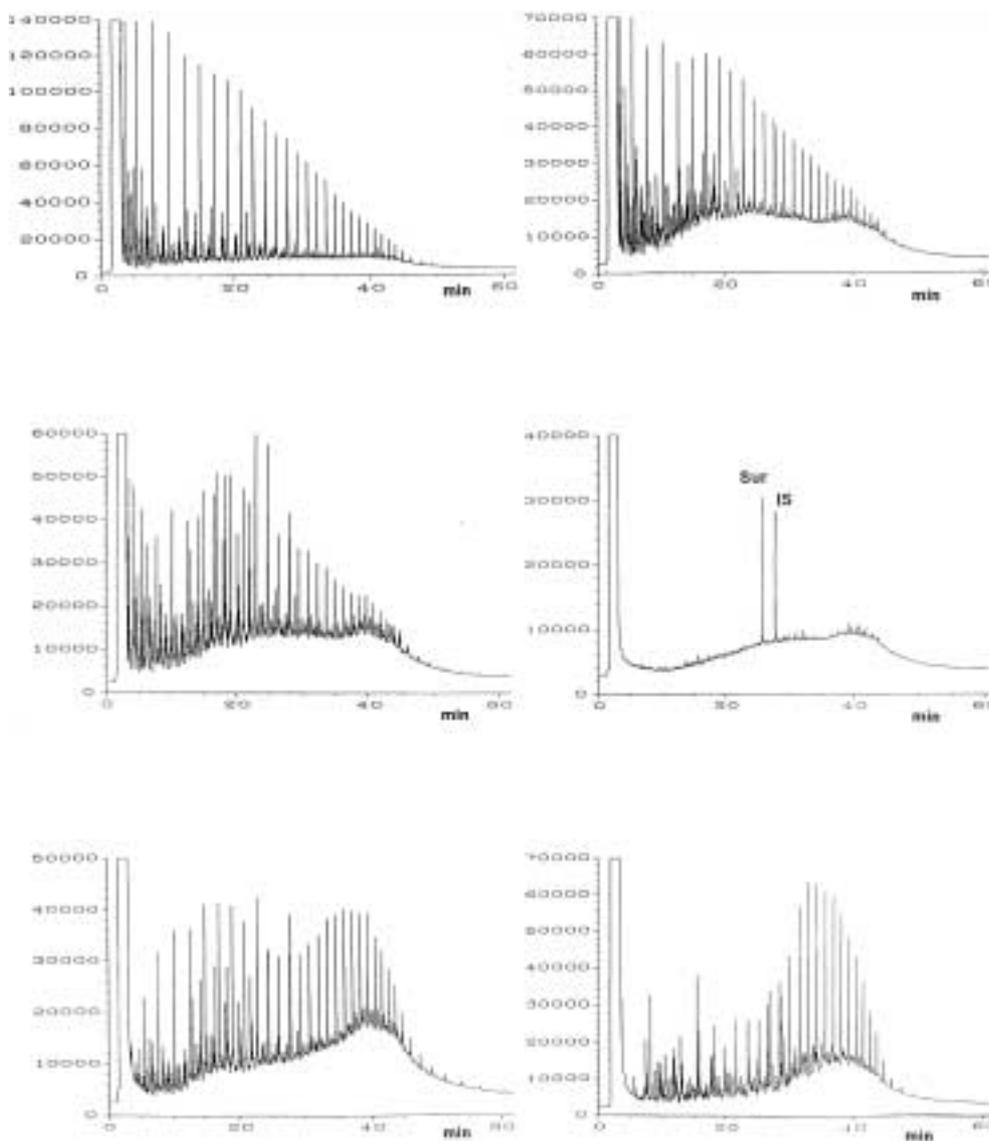
- 66** O ferro sólido pode reduzir a água pura em pH igual a 7.
- 67** A reação de formação da ferrugem chega ao seu final quando a velocidade de oxidação do ferro é igual à velocidade de redução do oxigênio.
- 68** A dissolução de oxigênio na água não altera a constante de equilíbrio da reação de corrosão do ferro, mantido o pH = 7 do meio, mas acelera a velocidade dessa reação.
- 69** As reações que têm leis de velocidade de segunda ordem ocorrem em duas etapas.
- 70** A deposição de ferrugem ocorre quando o seu produto de solubilidade é atingido.
- 71** A presença de sal na água reduz a pressão de vapor do solvente, cujo valor depende da identidade do soluto adicionado.

A conversão de álcoois em gasolina tem sido objeto de intensa pesquisa para a criação de uma alternativa para a obtenção desse material. Têm-se estudado o emprego de catalisadores heterogêneos para a produção seletiva dos hidrocarbonetos desejados. Os catalisadores de zeólitas têm sido particularmente investigados para alcançar esse objetivo, sendo que um deles já é utilizado na conversão de metanol em gasolina. As aberturas do sólido são de tamanho comparável às moléculas que se deseja sintetizar, o que permite controlar o tamanho da cadeia carbônica formada.

Peter Atkins e Loretta Jones. *In: Princípios de química*, Bookman, 2001 (com adaptações).

Acerca do assunto abordado no texto acima, julgue os itens subseqüentes.

- 72** A zeólita impregnada de metanol caracteriza um colóide.
- 73** A dispersão de vapores da gasolina sintetizada no interior da zeólita forma uma espuma sólida.



Zhendi Wang, Merv Fingas e David S. Page. Oil spill identification. In: Journal of Chromatography A, n.º 843, Elsevier Science B.V., 1999, p. 369-411.

A figura acima mostra as análises cromatográficas de 6 tipos de petróleo. O sistema de cromatografia gasosa usado nessas análises inclui uma coluna analítica tubular de parede revestida aberta — *wall-coated open tubular* (WCOT) —, de sílica fundida, com 100 m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno nominal, empacotada com polidimetilsiloxano como fase estacionária. A montante da coluna analítica existe uma pré-coluna pequena (150 mm × 6,35 mm) empacotada com Chromosorb W coberto com 5% de polidimetilsiloxano. Enquanto a pré-coluna é mantida a 200 °C, a coluna analítica é programada para gerar um gradiente de temperatura de 25 °C para 180 °C, alterando 3 °C/min. O pico marcado com “IS” refere-se a um padrão interno e o pico marcado com “Sur” refere-se a um substituto. Considerando essas informações, julgue os itens que se seguem.

**74** O tempo de retenção dos diversos hidrocarbonetos no sistema em apreço depende de sua constante de distribuição, mas não da natureza química da fase estacionária.

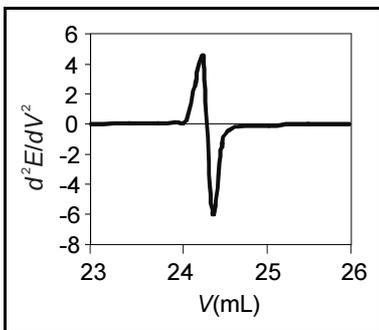
**75** Sabendo-se que a pré-coluna é usada para prevenir que hidrocarbonetos pesados alcancem e degradem a coluna analítica, é correto afirmar que a pré-coluna deve estar disposta, no sistema cromatográfico, entre o injetor e a coluna.

**76** É correto concluir que os 6 diferentes tipos de petróleo analisados possuem uma composição de hidrocarbonetos muito similar.

**77** O gradiente de temperatura é necessário quando os pontos de ebulição dos diversos componentes são muito distintos.

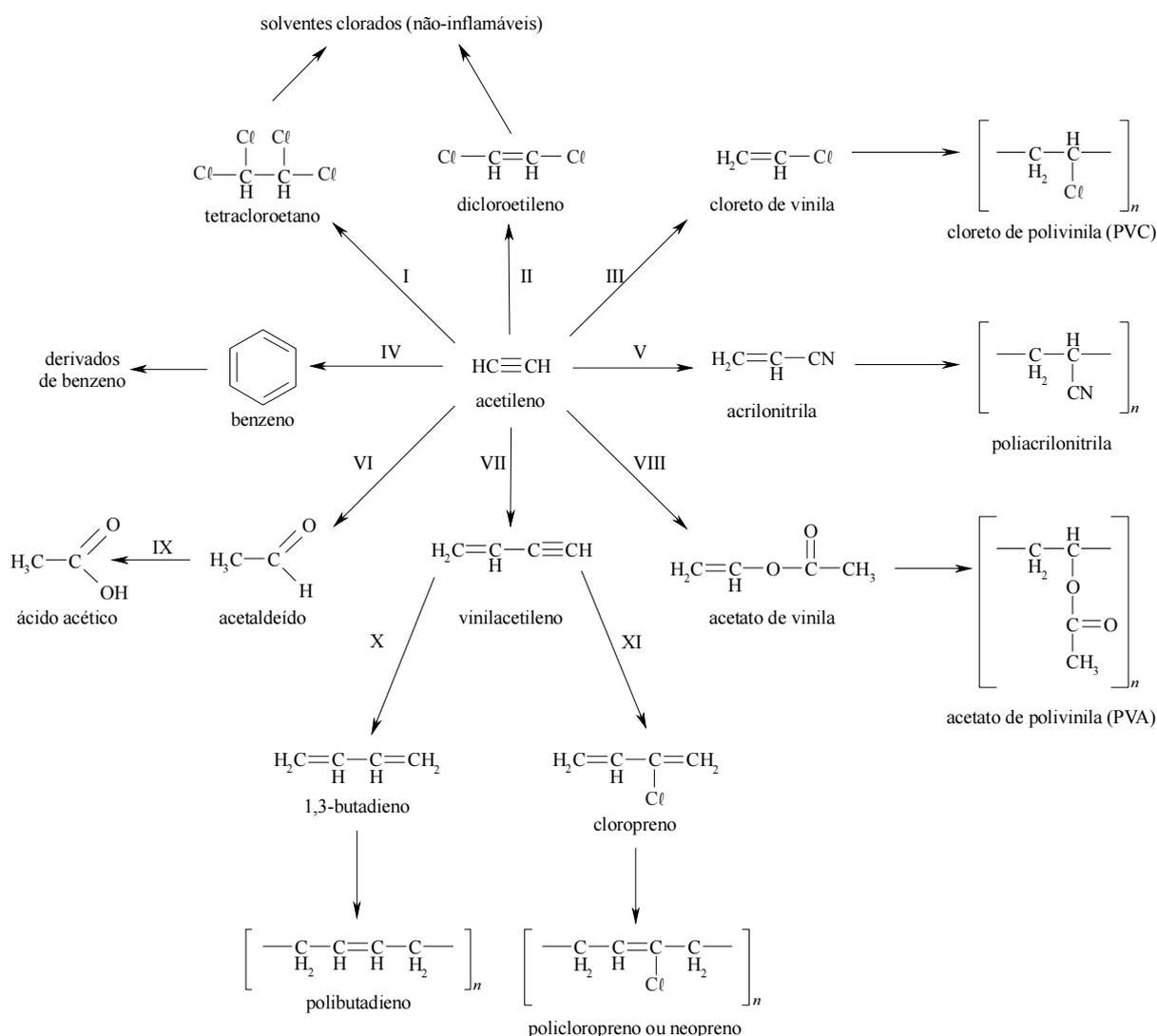
**78** O uso de padrão interno é importante para minimizar as incertezas introduzidas pela injeção de amostra, pelo fluxo de eluente e pelas variações das condições da coluna. Assim, a adição de padrão interno aumenta a precisão do método analítico.

**79** No sistema descrito, os hidrocarbonetos de menor massa molecular eluem depois dos de maior massa molecular.



Acerca dos métodos de análise química, julgue os itens seguintes.

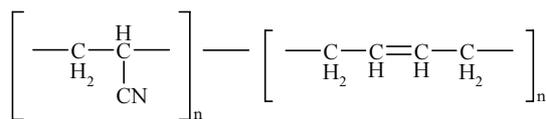
- 80** Todo espectrofotômetro de absorção atômica contém, necessariamente, uma lâmpada de cátodo oco, um *chopper*, um queimador ou um forno, um espelho, um monocromador e um fotomultiplicador.
- 81** Uma das vantagens da espectroscopia de absorção atômica é a durabilidade da lâmpada utilizada. Normalmente, uma única lâmpada é capaz de determinar rapidamente diversos elementos químicos por dia, durante vários meses.
- 82** As determinações por espectroscopia de absorção atômica seguem a lei de Beer, o que não ocorre na potenciometria.
- 83** O potencial de uma célula para determinações potenciométricas é sempre influenciado pelo potencial de junção líquida. Este surge em razão da existência da ponte salina, necessária para prevenir que a solução do analito se misture com a solução do eletrodo de referência. A incerteza gerada pelo potencial de junção líquida é um fator que limita a precisão de muitos métodos potenciométricos.
- 84** Em uma titulação potenciométrica, há a necessidade de se usar um indicador de oxirredução.
- 85** A figura acima mostra o perfil típico da 2.<sup>a</sup> derivada de uma curva de titulação potenciométrica, na qual pode-se determinar corretamente o ponto final desta pelo ponto em que a curva atinge o valor zero.



Um dos derivados de petróleo de grande importância industrial é o acetileno. A figura acima mostra alguns produtos de interesse industrial que podem ser obtidos a partir do acetileno. Tendo essa figura como referência, julgue os itens subsequentes.

- 86** As reações I, II e III são reações de adição de halogênio a alcino.
- 87** A adição de  $\text{HCl}$  ao cloreto de vinila produz principalmente 1,2-dicloroetano.
- 88** As reações IV e VII são reações de polimerização.

- 89** A reação V, ao contrário das reações I, II e III, é uma adição nucleofílica. Ela se inicia com o ataque nucleofílico do íon  $\text{CN}^-$  ao acetileno, com a respectiva formação de um carboânion, e termina com a adição de  $\text{H}^+$  a esse carboânion.
- 90** A reação VI é uma oxidação branda.
- 91** A reação VI possui como intermediário um enol que, por ser quimicamente instável, sofre rearranjo molecular levando à formação de aldeído.
- 92** A substância que reage com o acetileno na reação VIII é o produto da reação IX.
- 93** Para que a reação IX aconteça, é necessário utilizar-se um oxidante forte.
- 94** A reação X deve ser conduzida empregando-se um catalisador forte, como Ni ou Pt, sob pena de ocorrer baixo rendimento.
- 95** A conversão de vinilacetileno em cloropreno (reação XI) segue a regra de Markownikoff.
- 96** Considerando a estrutura da borracha sintética, conhecida como Buna-N ou perbunan, mostrada abaixo, é correto concluir que a mesma pode ser obtida a partir da copolimerização de acrilonitrila e 1,3-butadieno.



- 97** PVC, PVA e poliacrilonitrila são polímeros de adição, enquanto neopreno e polibutadieno são polímeros de condensação.

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  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_2$  e  $\text{CO}_2$ , 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 da termodinâmica para a determinação do estado final da mistura.

Considerando-se que  $P$ ,  $T$  e  $V$  correspondam, respectivamente, a pressão, a temperatura e o volume de um sistema termodinâmico, sem restrições de fronteira, constituído de gás perfeito, julgue os itens seguintes.

- 105** Iniciando-se a  $P_1$ ,  $T_1$ ,  $V_1$ , pode-se conduzir o sistema termodinâmico a um estado  $P_2$ ,  $T_2$ ,  $V_2$ , em que as propriedades do estado final são independentes.
- 106** Em uma expansão adiabática real entre as pressões  $P_1$  e  $P_2$ , a temperatura final é sempre superior à correspondente isentrópica.

Considerando o ar como fluido de trabalho (gás perfeito) inicialmente a  $P_1$ ,  $T_1$  e  $V_1$ , em que ocorrem diversos processos termodinâmicos, todos reversíveis, em sistema fechado, julgue os itens a seguir, considerando, ainda, que  $P$ ,  $T$  e  $V$  representam, respectivamente, pressão, temperatura e volume.

- 107**  $T_2$  será igual a  $T_1$  se a taxa em que trabalho é adicionado ao sistema for numericamente igual à taxa em que o calor é retirado.
- 108** Se a razão entre a taxa de trabalho adicionado for bem superior à taxa em que o calor é retirado, o coeficiente politrópico estará entre 1,0 e 1,4, porém numericamente mais e mais próximo de 1,4 que de 1,0.
- 109** Compressores devem possuir tratamento nas paredes para que o processo ocorra com mínimo de trabalho, que é obtido quando o coeficiente politrópico se aproxima de 1,4.
- 110** Um processo de compressão se realiza com menor trabalho se as fronteiras do sistema termodinâmico forem tais que nenhuma outra interação ocorra com a vizinhança.
- 111** Em processos politrópicos,  $pv^n = \text{constante}$ , é correto afirmar que, se  $0,0 < n < 1,0$ , o processo é de compressão com resfriamento.
- 112** Partindo-se de  $P_1$ ,  $T_1$  e  $V_1$ , é possível realizar um experimento em processos combinados a volume ( $c_V$ ) e a pressão ( $c_P$ ) constantes no qual o ar, sob certas condições, poderá apresentar razão entre os calores específicos ( $c_P/c_V$ ) igual a 0,95.
- 113** Considere que, em um processo com energia interna constante, as condições iniciais para um sistema, gás perfeito, sejam  $P_1 = 50 \text{ MPa}$  e  $T_1 = 200 \text{ }^\circ\text{C}$ . Nesse caso, se a pressão final  $P_2$  for igual a  $100 \text{ MPa}$ , a temperatura final será igual a  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ .

A respeito dos ciclos das máquinas térmicas, julgue os itens a seguir.

- 114** A eficiência térmica de um ciclo reversível composto por duas isotérmicas a 300 °C e 900 °C, respectivamente, ligadas por uma compressão e outra expansão adiabáticas tem eficiência térmica de 70%.
- 115** Em geral, os processos de compressão e expansão de ciclos térmicos, são considerados teoricamente isentrópicos porque facilitam sobremaneira os cálculos e servem para comparar o ciclo em questão com o ciclo de Carnot.
- 116** É possível se idealizar um ciclo termodinâmico, operando entre limites de temperatura ( $T_1$  e  $T_2$ ), contendo duas isotérmicas unidas por duas isocóricas, com a mesma eficiência de Carnot, operando nos mesmos limites de temperatura.

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.

- 117** A pressão absoluta no tanque é dada pela soma das pressões manométrica e atmosférica.
- 118** A pressão absoluta no tanque é, em geral, inferior à da atmosférica, caracterizando uma pressão vacuométrica.
- 119** 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.
- 120** 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 ao uso dessa equação.

- 121** O escoamento deve ocorrer em regime permanente, sem apresentar atrito.
- 122** Essa equação pode ser corretamente aplicada tanto a escoamentos incompressíveis quanto a escoamentos compressíveis.
- 123** Essa equação quantifica a relação entre pressão, velocidade e elevação em uma única linha de corrente.
- 124** 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.

- 125** A perda de carga nessa tubulação pode ser corretamente 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.
- 126** Se o diâmetro da tubulação aumentar, a perda de carga também deve aumentar.
- 127** 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.

- 128** 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.
- 129** Para fluidos newtonianos incompressíveis, a tensão em um ponto é linearmente proporcional à velocidade, e o coeficiente de proporcionalidade é a viscosidade.
- 130** 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.
- 131** No modelo de escoamento potencial, considera-se que o fluido é não-viscoso e incompressível.
- 132** 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, no que é denominado análise dimensional e semelhança. A respeito desse assunto, julgue os itens a seguir.

- 133** O número de Reynolds, um dos parâmetros adimensionais mais importantes da mecânica dos fluidos, quantifica uma relação entre esforços de inércia e esforços viscosos.
- 134** Altos números de Reynolds correspondem a instabilidades no escoamento e, portanto, a mudança de regime de laminar para turbulento.
- 135** O número de Reynolds é o único parâmetro que pode caracterizar a transição de escoamento de laminar para turbulento.
- 136** 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 pode ser corretamente considerado como incompressível.
- 137** 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.
- 138** 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.

Julgue os itens a seguir, relativos a diferentes dispositivos industriais para a medição de vazão em fluidos.

**139** Placas de orifício, bocais e tubos Venturi são dispositivos de medição de vazão por obstrução que relacionam a vazão com a raiz quadrada da queda de pressão na obstrução.

**140** Coeficientes de descarga, em dispositivos do tipo obstrução, dependem somente do número de Reynolds do escoamento.

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.

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

**142** 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.

**143** 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 subsequentes.

**144** 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.

**145** 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.

**146** 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.

**147** 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 em seguida.

**148** 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.

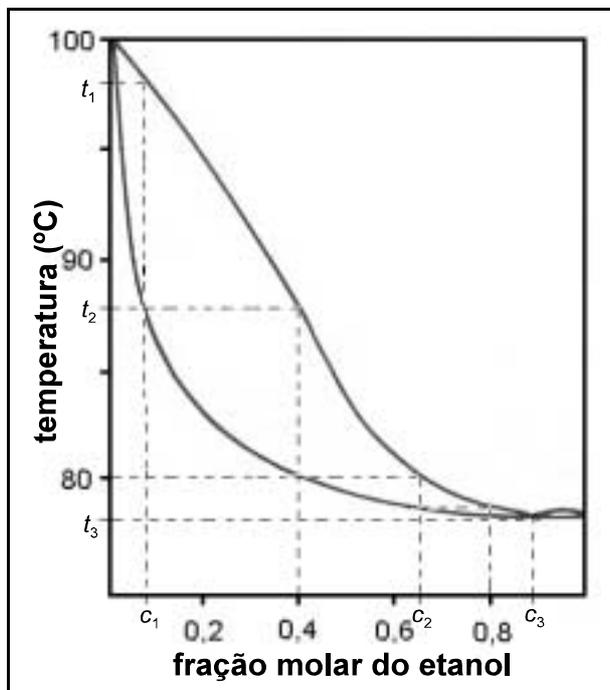
**149** Em caldeiras flamotubulares, a deposição e agregação de sólidos a base de sulfatos, carbonatos, silicatos, com condutibilidade térmica superior ao aço, melhoram a transferência de calor para a água, reduzindo a temperatura dos gases de combustão abaixo do ponto de orvalho, o que é indesejável 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.

**150** 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.

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



O programa PROÁLCOOL foi criado no Brasil em 1975, como uma alternativa energética ao petróleo. Nele, o álcool etílico era usado como aditivo à gasolina (álcool anidro) ou diretamente como combustível (álcool hidratado). Esse programa aumentou muito o interesse pelo processo de obtenção desse produto, devido à possibilidade de independência energética para o país. A produção de álcool nas usinas utiliza como matéria-prima uma solução de açúcar, conhecida por melaço, obtida a partir da cana-de-açúcar. Nesse processo, faz-se uma diluição do melaço até atingir uma concentração em açúcar inferior a 17%, passando a ser chamado de mosto. Este é fermentado com leveduras, dando origem ao vinho fermentado, que possui uma concentração em álcool de aproximadamente 10%. O vinho obtido é então destilado, em torres de pratos ou recheadas, sendo o álcool purificado até atingir concentrações que variam de 92% (álcool hidratado) a 99,3% (álcool anidro), conforme o produto desejado. Nesse processo, o vinho pode ser considerado como sendo uma mistura binária de álcool e água. A figura acima representa o diagrama de equilíbrio de fases da mistura binária álcool/água. Nota-se que esta é uma mistura azeotrópica, sendo a composição em álcool no ponto de azeótropo ( $c_3$ ) de aproximadamente 95,6 %.

Julgue os itens a seguir, relativos ao processo de destilação da mistura binária água/álcool, descrito no texto acima.

**152** Na figura acima, a região delimitada pelas duas curvas do diagrama indica as composições das fases líquida e vapor em equilíbrio, que podem ser quantificadas pela regra da alavanca.

**153** A mistura de álcool e água apresenta um forte desvio negativo da lei de Raoult, o que é evidenciado pela formação de um ponto azeotrópico na composição  $c_3$ .

**154** No azeótropo, as composições das fases vapor e líquida, apesar de serem diferentes, não se alteram ao longo do tempo.

**155** Partindo-se de uma mistura com fração molar igual a 0,4, no ponto de orvalho, a composição do condensado será igual a  $c_1$ .

**156** Se fosse utilizada uma destilação a pressão reduzida (*flash*), o ponto de bolha de uma mistura com composição  $c_1$ , inicialmente igual a  $t_1$ , seria inferior a essa temperatura. Isso se deve ao fato de que seria necessária uma temperatura inferior para que a pressão de vapor igualasse a pressão na superfície do líquido.

**157** Se, em determinada usina, obtém-se um vinho com composição  $c_2$ , o número de pratos teóricos para uma destilação fracionada que permita obter álcool hidratado é superior a 2.

**158** A partir de um vinho fermentado, pode-se obter, por destilação fracionada, álcool anidro, sendo necessário apenas determinar o número de pratos teóricos adequado.

**159** Em uma usina de produção de álcool, as torres de destilação devem estar dimensionadas para operar sempre abaixo da vazão de inundamento, caso contrário, perder-se-á eficiência de separação da mistura.

**160** Se for usada uma torre recheada para a destilação da mistura de álcool e água, a eficiência na separação poderá ser modulada pela relação área superficial/volume do recheio.

**161** Operando em estado estacionário, a temperatura de um prato em uma torre de pratos é aproximadamente constante, sendo esse estado definido pela temperatura de uma fase líquida (temperatura maior) que desce de um prato superior e a temperatura de uma fase vapor (temperatura menor) que sobe de um prato inferior.

No processo de refino de petróleo, além de combustíveis, diversos produtos podem ser obtidos. Por exemplo, dos óleos pesados oriundos dos processos de destilação a pressão reduzida, podem ser extraídas as parafinas. Nesse processo, um solvente — mistura de tolueno e acetona — passa corrente em contracorrente em relação ao óleo pesado em uma torre de extração líquido-líquido. Na saída dessa torre, se obtém uma fase rica em solvente, a qual contém a parafina, e outra rica em óleo com baixo ponto de fluidez, que poderá dar origem a um óleo lubrificante. A fase rica em solvente é então resfriada, ocorrendo a precipitação da parafina, que é finalmente separada por filtração. Com relação a esse assunto, julgue os itens seguintes.

**162** A força motriz responsável pela migração da parafina do óleo para o solvente permanece constante ao longo de todo o percurso em uma torre, uma vez que ela depende apenas da natureza das fases envolvidas.

**163** Efetuando-se a extração em uma torre recheada, a altura de uma unidade de transferência pode ser definida como uma medida da eficiência da separação da parafina do óleo pesado pelo solvente.

**164** O tipo de recheio a ser usado na torre de extração pode ser confeccionado com diferentes materiais, sendo sempre recomendáveis materiais de baixo custo, baixa densidade e quimicamente inertes.

**165** Um dos parâmetros que determinam a eficiência de extração da parafina pelo solvente é a temperatura na qual ela é realizada.

**166** Uma desvantagem do processo em apreço é a contaminação do óleo residual com tolueno e acetona, os quais ficam retidos no óleo em teores consideráveis sem que seja possível removê-los.

#### **Texto I – itens de 167 a 175**

Os combustíveis, lubrificantes e diversas matérias-primas para a petroquímica e outros ramos industriais são obtidos pela refinação do petróleo, que é o processo de separação dos produtos que formam esse óleo. A separação dos componentes de uma mistura é um dos principais processos nas atividades industriais que pode ser realizado por uma série de métodos, os quais dependem da natureza da mistura e das substâncias que a compõem.

A respeito dos equipamentos e métodos de filtração industrial, julgue os itens a seguir.

**167** Entende-se por filtração todo processo no qual um sólido é separado de um fluido.

**168** Meios filtrantes granulados, como grãos de areia e cascalho, são largamente usados na indústria devido ao baixo custo e à sua simplicidade.

**169** Filtros de tambor rotativo a vácuo são equipamentos semicontínuos: enquanto o líquido é separado de forma contínua, ocorre o acúmulo da torta (sólido separado) na superfície do tambor que deve ser retirada com a interrupção do processo.

**170** Os filtros-prensa são largamente difundidos na indústria por operarem de forma contínua e apresentarem um baixo custo de manutenção.

A absorção é um método muito usado na separação de componentes de uma mistura gasosa. Acerca desse processo, julgue os itens subsequentes.

**171** Para determinar o número de estágios necessários para que ocorra a absorção desejada, é correto usar o método gráfico, traçando-se uma curva de operação e outra de equilíbrio em função da composição. Essas curvas podem ser corretamente aproximadas para uma reta, quando a variação volumétrica das fases durante o processo for pequena.

**172** Como as entalpias envolvidas na transferência de um componente do gás para o líquido podem ser desprezadas, a temperatura na coluna de absorção é sempre constante.

**173** Para uma eficiente separação de um componente de uma mistura gasosa, é necessário que os demais compostos sejam pouco ou completamente insolúveis na fase líquida.

**174** Considerando que uma torre de absorção opera a pressões moderadas, admite-se que o equilíbrio líquido-vapor do componente que é extraído de uma mistura gasosa de hidrocarbonetos pela fase líquida tem um comportamento ideal e pode ser expresso pela Lei de Raoult.

**175** Frações de hidrocarbonetos líquidos dissolvidos em gases de refinaria, ou no gás natural, podem ser extraídos em uma torre de absorção, passando uma mistura de hidrocarbonetos pesados, como querosene, em contracorrente.

