

Prof. Marcus Ennes
Prof. Felipe Garcia

Físico-química

UNIDADE 33: Soluções – Parte 1

O estudo de soluções inclui o estudo das dispersões. Dispersões são sistemas nos quais uma substância está disseminada sob forma de pequenas partículas em uma segunda substância. As dispersões incluem as soluções verdadeiras, soluções coloidais e suspensões. Se diferenciam estas classificações com base no tamanho médio das partículas dispersas.

Tipo de dispersão	Tamanho médio das partículas dispersas
Solução verdadeira	< 1 nm
Solução coloidal	Entre 1 e 1000 nm
Suspensão	> 1000 nm

Exemplos de dispersões podem ser encontrados facilmente: A água do mar, que consiste em uma solução verdadeira de cloreto de sódio e outros diversos sais, a queima do óleo diesel nos motores de automóveis, principalmente caminhões e ônibus, que produz partículas de carvão em suspensão no ar, formando uma fumaça escura, e a neblina, que é constituída por gotículas de água no ar, formando uma solução coloidal.



Solução coloidal

As soluções coloidais ou apenas colóides fazem parte de nosso dia-a-dia. São exemplos comuns de colóides: desodorantes spray, manteiga, maionese, leite, sangue, espuma de barbear, leite de magnésia e geléias. Todo colóide é composto por pelo menos um disperso e um dispersante.

Com base no estado físico do dispersante e do disperso os colóides ainda podem receber alguns tipos de classificação, conforme mostram as tabelas a seguir:

Disperso	Dispersante	Classificação
Sólido	Sólido	Sol sólido
Líquido	Sólido	Gel
Gás	Sólido	Espuma sólida

Disperso	Dispersante	Classificação
Sólido	Líquido	Sol
Líquido	Líquido	Emulsão
Gás	Líquido	Espuma líquida

Disperso	Dispersante	Classificação
Sólido	Gás	Aerossol sólido
Líquido	Gás	Aerossol líquido

Soluções verdadeiras

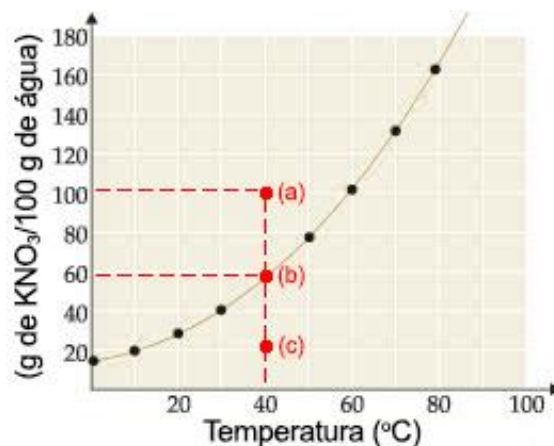
As soluções verdadeiras ou apenas soluções consistem em misturas homogêneas de duas ou mais substâncias, podendo ser classificadas como soluções sólidas (por exemplo, uma liga metálica de ferro e cobre), soluções líquidas (cloreto de sódio em água) ou soluções gasosas (o ar na atmosfera).

A saturação nas soluções

A partir deste momento chamaremos as soluções líquidas de apenas “soluções”. Temos em uma solução uma mistura entre soluto e solvente. O solvente possui a capacidade de solubilizar o soluto, porém isso ocorre de forma limitada, com base no **coeficiente** ou **grau de solubilidade**, que é a quantidade de soluto (normalmente em gramas) necessária para saturar uma quantidade (normalmente 100 g) de solvente, sob determinadas condições de temperatura e pressão. O coeficiente de solubilidade diz a quantidade máxima de soluto que será possível solubilizar à determinada temperatura.

A temperatura sempre influencia a solubilidade, e a pressão é importante em soluções contendo gases. Quando o coeficiente de solubilidade é muito pequeno ou nulo diz-se que a substância é praticamente insolúvel naquele solvente. Para os gases, de maneira geral, quanto maior a pressão, maior a solubilidade, e quanto maior a temperatura, menor a solubilidade. Pense no exemplo do refrigerante, para que seja gaseificado um líquido é necessário inserir gás sob pressão, e além disso quanto mais quente, maior a tendência do gás a escapar do líquido. Por isso ao servirmos um refrigerante quente observamos a formação de uma maior quantidade de “espuma”, que é nada mais que o gás deixando de ser solubilizado e escapando do líquido.

Também podemos classificar as soluções com base em seu coeficiente de solubilidade, utilizando um gráfico que representa a curva de solubilidade de um determinado sal como auxílio:



Neste gráfico temos a curva de solubilidade do sal nitrato de potássio (KNO₃). Note que, à temperatura de 40°C, podemos solubilizar até 60 g do sal para cada 100 g de água (ponto (b)). Da mesma forma que a 60°C podemos solubilizar até 100 g do sal para cada 100 g de água. Para descobrir o coeficiente de solubilidade a partir do gráfico basta seguir uma reta vertical a partir do eixo da temperatura até tocar na curva de solubilidade, e então seguir horizontalmente para o eixo Y, que será coeficiente de solubilidade. Tenha sempre em mente que a densidade da água é 1 g/mL, ou seja, 100 g de água apresentam o volume de 100 mL, bem como que a massa da solução é a soma das massas de soluto e solvente.

Temos também representadas as possíveis classificações em função do ponto de saturação. O ponto (a) indica uma condição chamada de supersaturação, que consiste em solubilizar uma quantidade que ultrapassa o coeficiente de solubilidade. Tal condição é instável, e caso ocorra perturbação do meio o sal precipita como corpo de fundo. O ponto (b) indica uma solução saturada, onde a quantidade de soluto é exatamente a quantidade limite que pode ser solubilizada pelo solvente. O ponto (c) indica uma solução insaturada, a qual contém menos soluto em relação ao que seria possível solubilizar, de acordo com o coeficiente de solubilidade, ou seja, com a concentração abaixo da concentração que satura o solvente.

Quando a substância aumenta seu coeficiente de solubilidade com o aumento de temperatura, conforme o exemplo anterior, diz-

se que sua solubilização é um fenômeno endotérmico, ou seja, absorve calor, com entalpia de valor positivo ($\Delta H > 0$). Para casos assim, de maneira geral, quanto maior a temperatura, maior a solubilidade. Normalmente sais apresentam este comportamento, embora haja exceções. Se a substância diminuir seu coeficiente de solubilidade com o aumento da temperatura, numa curva que seria decrescente, diz-se que sua solubilização é um fenômeno exotérmico, ou seja, libera calor, com entalpia de valor negativo ($\Delta H < 0$). Para estes casos, quanto maior a temperatura, menor a solubilidade.

NOTAS:



ATIVIDADES PROPOSTAS

1) Sobre soluções, pode-se afirmar que

- I. as supersaturadas são formadas por soluto, solvente e corpo de fundo.
- II. as líquidas são obtidas somente quando solvente e soluto se encontram no estado líquido.
- III. as gasosas formam-se somente quando solvente e soluto estão no estado gasoso.
- IV. as diluídas possuem a quantidade de soluto muito inferior ao grau de saturação do mesmo.
- V. suspensão é caracterizada pelas partículas com tamanho acima de 1000 nm.

São corretas apenas as afirmativas

- a) I, II e III.
- b) I, II e IV.
- c) I, III e V.
- d) II, IV e V.
- e) III, IV e V.

2) A força e a exuberância das cores douradas do amanhecer desempenham um papel fundamental na produção de diversos significados culturais e científicos. Enquanto as atenções se voltam para as cores, um coadjuvante exerce um papel fundamental nesse espetáculo. Trata-se de um sistema coloidal formado por partículas presentes na atmosfera terrestre, que atuam no fenômeno de espalhamento da luz do Sol. Com base no enunciado e nos conhecimentos acerca de colóides, considere as afirmativas a seguir.

- I. São uma mistura com partículas que variam de 1 a 1000 nm.
- II. Trata-se de um sistema emulsificante.
- III. Consistem em um sistema do tipo aerossol sólido.
- IV. Formam uma mistura homogênea monodispersa.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I e II são corretas.
- b) Somente as afirmativas I e III são corretas.
- c) Somente as afirmativas III e IV são corretas.

- d) Somente as afirmativas I, II e IV são corretas.
e) Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

3) Um estudante analisou três soluções aquosas de cloreto de sódio, adicionando 0,5 g deste mesmo sal em cada uma delas. Após deixar as soluções em repouso em recipientes fechados, ele observou a eventual presença de precipitado e filtrou as soluções, obtendo as massas de precipitado mostradas no quadro abaixo.

Solução	Precipitado
1	Nenhum
2	0,5 g
3	0,8 g

O estudante concluiu que as soluções originais 1, 2 e 3 eram, respectivamente,

- a) não saturada, não saturada e saturada.
b) não saturada, saturada e supersaturada.
c) saturada, não saturada e saturada.
d) saturada, saturada e supersaturada.
e) supersaturada, supersaturada e saturada.

4) A mistura conhecida como soro fisiológico é um exemplo de _____, na qual o _____ é a água e o _____ é o _____ de sódio.

As lacunas do texto são, correta e respectivamente, preenchidas por:

- a) solução – solvente – soluto – cloreto.
b) solução – solvente – soluto – bicarbonato.
c) solução – soluto – solvente – cloreto.
d) suspensão – solvente – soluto – bicarbonato.
e) suspensão – soluto – solvente – cloreto.

5) Um experimento é realizado em duas etapas.

Etapa 1: A 200 mL de água destilada contidos em um copo são adicionadas quantidades crescentes de NaCl. Essa mistura é agitada intensa e vigorosamente, até que se observe a precipitação de cristais de NaCl que não mais solubilizam.

Etapa 2: À mistura obtida na Etapa 1 são

acrescentados alguns cristais de KMnO_4 . Após algum tempo, observa-se que a fase líquida adquire uma coloração violácea característica do permanganato de potássio.

A análise desse experimento permite concluir que

- a) a fase líquida obtida ao final da Etapa 2 é uma solução supersaturada.
b) o NaCl e o KMnO_4 devem apresentar os mesmos valores de coeficiente de solubilidade.
c) a solubilização do KMnO_4 na Etapa 2 só foi possível porque a solução líquida obtida na Etapa 1 estava insaturada.
d) a solução líquida obtida na Etapa 1, embora esteja saturada de NaCl, ainda mantém a possibilidade de solubilizar KMnO_4 .
e) a fase líquida obtida ao final da Etapa 2 não pode ser considerada uma solução, porque foram utilizados dois solutos com propriedades diferentes.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

A natureza apresenta diversas substâncias importantes para o dia a dia do ser humano. Porém, a grande maioria dessas substâncias encontra-se na forma de misturas homogêneas ou heterogêneas.

Por essa razão, ao longo dos anos, várias técnicas de separação de misturas foram desenvolvidas para que a utilização de toda e qualquer substância fosse possível.

<<https://tinyurl.com/y8j567ag>> Acesso em: 10.11.2017.

6) Assinale a alternativa que apresenta um exemplo de mistura homogênea.

- a) água + gasolina
b) água + óleo de cozinha
c) gás nitrogênio + gás hélio
d) ar atmosférico + fuligem
e) areia + sal de cozinha

7) Os sistemas coloidais estão presentes, no cotidiano, desde as primeiras horas do dia, na higiene pessoal (sabonete, xampu, pasta de dente e creme de barbear), na maquiagem

(alguns cosméticos) e no café da manhã (manteiga, cremes vegetais e geleias de frutas). No caminho para o trabalho (neblina e fumaça), no almoço (alguns temperos e cremes) e no entardecer (cerveja, refrigerante ou sorvetes). Os coloides estão ainda presentes em diversos processos de produção de bens de consumo como, por exemplo, o da água potável. São também muito importantes os coloides biológicos tais como o sangue, o humor vítreo e o cristalino.

Com base no texto e nos conhecimentos sobre coloides, é correto afirmar:

- a) As partículas dos sistemas coloidais são tão pequenas que a sua área superficial é quase desprezível.
- b) As partículas coloidais apresentam movimento contínuo e desordenado denominado movimento browniano.
- c) O efeito Tyndall é uma propriedade que se observa nos sistemas coloidais e nos sistemas de soluções, devido ao tamanho de suas partículas.
- e) Os plásticos pigmentados e as tintas são exemplos excluídos dos sistemas coloidais.

8) O colágeno é a proteína mais abundante no corpo humano, fazendo parte da composição de órgãos e tecidos de sustentação. Apesar de não ser comestível, seu aquecimento em água produz uma mistura de outras proteínas comestíveis, denominadas gelatinas. Essas proteínas possuem diâmetros médios entre 1,0 nm e 1.000 nm e, quando em solução aquosa, formam sistemas caracterizados como

- a) soluções verdadeiras.
- b) dispersantes.
- c) coagulantes.
- d) homogêneos.
- e) coloides.

9) Ao adicionarmos açúcar a um suco, notamos que após certa quantidade, o açúcar não mais se dissolve na água. Isto significa que existe um limite de solubilidade de uma substância conhecida como "soluto" em outra conhecida como "solvente" e, este limite é conhecido como "Coeficiente de Solubilidade", ou seja, é a maior quantidade de soluto que se pode

dissolver numa dada quantidade de solvente a uma certa temperatura. Assim sendo, um suco adoçado com açúcar, quanto ao número de fases, pode ser:

- a) sempre monofásico
- b) sempre bifásico
- c) monofásico ou bifásico
- d) monofásico ou trifásico
- e) bifásico ou trifásico

10) Sucos são misturas de substâncias específicas a cada fruta, como é o caso da laranja que é a mistura de vitamina C, ácido fólico e flavonoides. Quando uma mistura é homogênea tem-se uma solução. Desta forma assinale a alternativa verdadeira.

- a) Quanto menor a quantidade de soluto presente num determinado volume de solução, mais concentrada será essa solução.
- b) Partes por milhão em massa (ppm) é uma forma de expressar a concentração de soluções saturadas de sólidos em líquidos.
- c) Soluções saturadas são estáveis e apresentam quantidade máxima de solvente possível para dissolver uma determinada quantidade de soluto, a uma dada temperatura.
- d) Soluções diluídas apresentam a quantidade de soluto menor que a solubilidade.

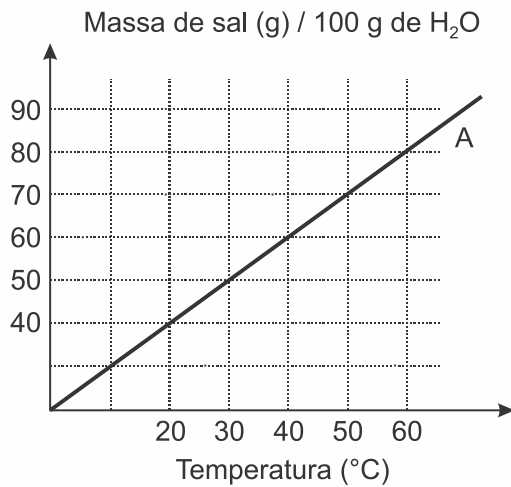
11) "Solução saturada: solução que contém a quantidade máxima de soluto em determinada quantidade de solvente, a determinada temperatura; a relação entre quantidades máximas de soluto e quantidade de solvente é denominada de coeficiente de solubilidade".

"Solução insaturada: quando a solução contém uma quantidade de soluto inferior ao seu coeficiente de solubilidade, na temperatura em que se encontra a solução".

"Solução supersaturada: quando a solução contém uma quantidade de soluto dissolvido superior ao seu coeficiente de solubilidade, na temperatura em que se ela se encontra. É instável".

Considere o gráfico da curva de solubilidade em função da temperatura para um sal hipotético

A. No gráfico, a linha contínua representa a solubilidade máxima do soluto (sal A) em 100 g de água na temperatura correspondente.



Acerca desse gráfico e processo de solubilidade são feitas as seguintes afirmativas:

- I. Na temperatura de 20°C, misturando-se 50 g do sal A em 100 g de água, ter-se-á um sistema heterogêneo.
- II. Na temperatura de 40°C, a adição de 50 g do sal A em 100 g de água produzirá uma solução insaturada.
- III. 200 g de água dissolvem totalmente 90 g do sal A a 30°C.
- IV. Uma solução contendo 60 g do sal A em 100 g de água será saturada em 60°C.

Das afirmativas feitas estão corretas apenas

- a) I, II e IV.
- b) II e III.
- c) I e IV.
- d) III e IV.
- e) I, II e III.

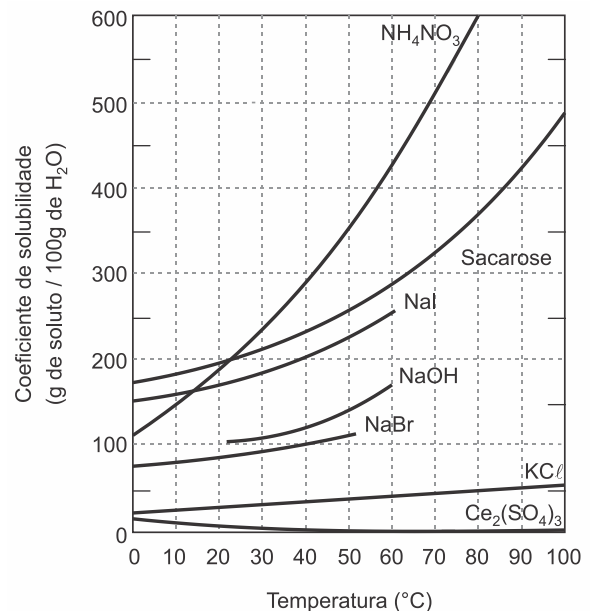
12) O cloreto de potássio é um sal que adicionado ao cloreto de sódio é vendido comercialmente como "sal light", com baixo teor de sódio. Dezoito gramas de cloreto de potássio estão dissolvidos em 200 g de água e armazenados em um frasco aberto sob temperatura constante de 60°C.

Dados: Considere a solubilidade do cloreto de potássio a 60°C igual a 45 g/100 g de água.

Qual a massa mínima e aproximada de água que deve ser evaporada para iniciar a cristalização do soluto?

- a) 160 g
- b) 120 g
- c) 40 g
- d) 80 g

13) Curvas de solubilidade, como as representadas no gráfico abaixo, descrevem como os coeficientes de solubilidade de substâncias químicas, em um determinado solvente, variam em função da temperatura.

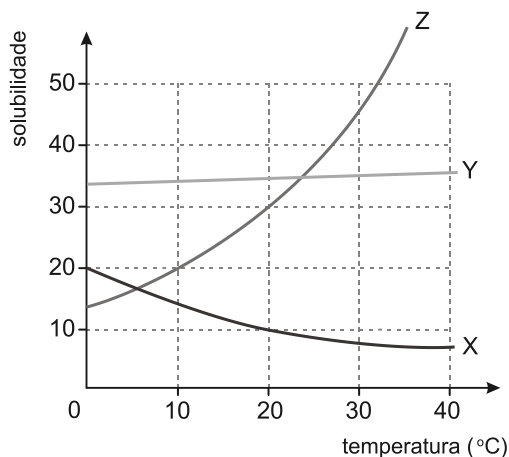


Considerando as informações apresentadas pelo gráfico acima, assinale a alternativa correta.

- a) Todas as substâncias químicas são sais, com exceção da sacarose.
- b) O aumento da temperatura de 10°C para 40°C favorece a solubilização do sulfato de cério (III) em água.
- c) A massa de nitrato de amônio que permanece em solução, quando a temperatura da água é reduzida de 80°C para 40°C, é de aproximadamente 100 g.
- d) A dissolução do iodeto de sódio em água é endotérmica.
- e) A 0°C, todas as substâncias químicas são insolúveis em água.

14) Um laboratorista precisa preparar 1,1 kg de solução aquosa saturada de um sal de dissolução exotérmica, utilizando como soluto um dos três sais disponíveis em seu laboratório: X, Y e Z. A temperatura final da solução deverá ser igual a 20°C.

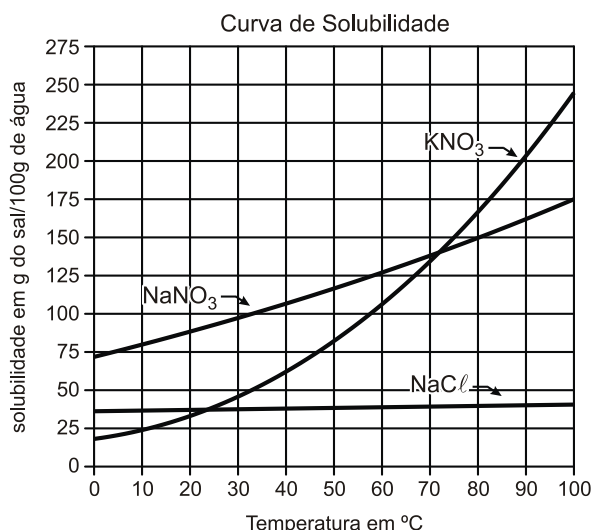
Observe as curvas de solubilidade dos sais, em gramas de soluto por 100 g de água:



A massa de soluto necessária, em gramas, para o preparo da solução equivale a:

- a) 100
- b) 110
- c) 300
- d) 330

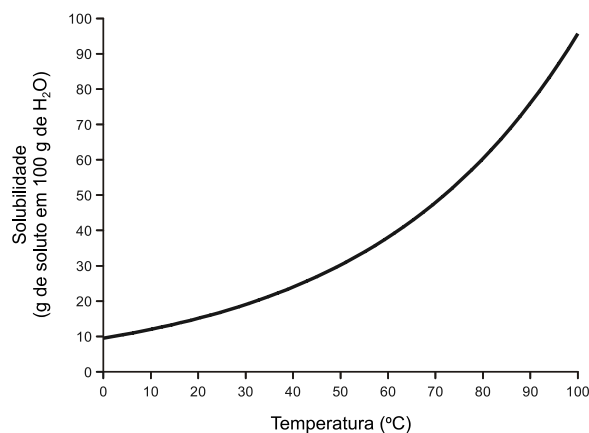
15) O gráfico a seguir mostra curvas de solubilidade para substâncias nas condições indicadas e pressão de 1 atm.



A interpretação dos dados desse gráfico permite afirmar CORRETAMENTE que

- a) compostos iônicos são insolúveis em água, na temperatura de 0°C.
- b) o cloreto de sódio é pouco solúvel em água à medida que a temperatura aumenta.
- c) sais diferentes podem apresentar a mesma solubilidade em uma dada temperatura.
- d) a solubilidade de um sal depende, principalmente, da espécie catiônica presente no composto.
- e) a solubilidade do cloreto de sódio é menor que a dos outros sais para qualquer temperatura.

16) Uma solução saturada de $K_2Cr_2O_7$ foi preparada com a dissolução do sal em 1,0 kg de água. A influência da temperatura sobre a solubilidade está representada na figura a seguir.



Com base nos dados apresentados, as massas dos dois íons resultantes da dissociação do $K_2Cr_2O_7$, a 50°C, serão aproximadamente, iguais a:

Dado: Densidade da água: 1,0 g/mL

- a) 40 e 105 g
- b) 40 e 260 g
- c) 80 e 105 g
- d) 80 e 220 g
- e) 105 e 195 g

17) A sacarose é extraordinariamente solúvel em água, como mostram os dados da tabela abaixo.

T (°C)	30	50
Solubilidade (g _{SAC} /100 g H ₂ O)	220	260

Prepara-se uma solução saturada dissolvendo 65 g de sacarose em 25 g de água a 50°C. A quantidade de água a ser adicionada a esta solução inicial, de modo que, quando a solução resultante for resfriada até 30°C, tenhamos uma solução saturada de sacarose em água, sem presença de precipitados, é de aproximadamente

- a) 2,5 g.
- b) 4,5 g.
- c) 10,0 g.
- d) 15,8 g.
- e) 40,0 g.

18) A tabela a seguir refere-se à solubilidade de um determinado sal nas respectivas temperaturas:

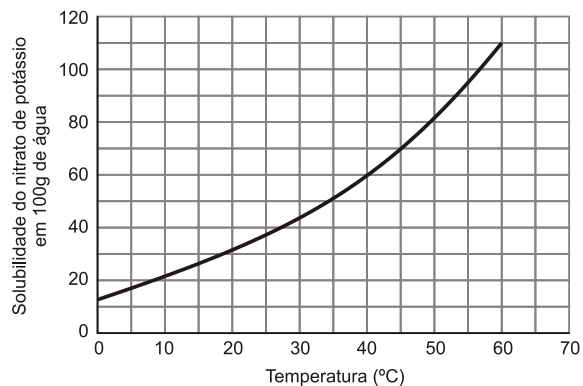
Temperatura (°C)	Solubilidade do Sal (g/100g de H ₂ O)
30	60
50	70

Para dissolver 40 g desse sal à 50°C e 30°C, as massas de água necessárias, respectivamente, são:

- a) 58,20 g e 66,67 g
- b) 68,40 g e 57,14 g
- c) 57,14 g e 66,67 g
- d) 66,67 g e 58,20 g
- e) 57,14 g e 68,40 g

19) Um técnico preparou 420 g de uma solução saturada de nitrato de potássio (KNO₃, dissolvida em água) em um béquer a uma temperatura de 60°C. Depois deixou a solução esfriar até uma temperatura de 40°C, verificando a presença de um precipitado.

A massa aproximada desse precipitado é: (desconsidere a massa de água presente no precipitado)



- a) 100 g.
- b) 60 g.
- c) 50 g.
- d) 320 g.

20) Devido ao seu alto teor de sais, a água do mar é imprópria para o consumo humano e para a maioria dos usos da água doce. No entanto, para a indústria, a água do mar é de grande interesse, uma vez que os sais presentes podem servir de matérias-primas importantes para diversos processos. Nesse contexto, devido a sua simplicidade e ao seu baixo potencial de impacto ambiental, o método da precipitação fracionada tem sido utilizado para a obtenção dos sais presentes na água do mar.

Tabela 1: Solubilidade em água de alguns compostos presentes na água do mar a 25°C

SOLUTO:	FÓRMULA	SOLUBILIDADE g/kg de H ₂ O
Brometo de sódio	NaBr	$1,20 \times 10^3$
Carbonato de cálcio	CaCO ₃	$1,30 \times 10^{-2}$
Cloreto de sódio	NaCl	$3,60 \times 10^2$
Cloreto de magnésio	MgCl ₂	$5,41 \times 10^2$
Sulfato de magnésio	MgSO ₄	$3,60 \times 10^2$
Sulfato de cálcio	CaSO ₄	$6,80 \times 10^{-1}$

Suponha que uma indústria objetiva separar determinados sais de uma amostra de água do mar a 25 °C, por meio da precipitação fracionada. Se essa amostra contiver somente

os sais destacados na tabela, a seguinte ordem de precipitação será verificada:

- Carbonato de cálcio, sulfato de cálcio, cloreto de sódio e sulfato de magnésio, cloreto de magnésio e, por último, brometo de sódio.
- Brometo de sódio, cloreto de magnésio, cloreto de sódio e sulfato de magnésio, sulfato de cálcio e, por último, carbonato de cálcio.
- Cloreto de magnésio, sulfato de magnésio e cloreto de sódio, sulfato de cálcio, carbonato de cálcio e, por último, brometo de sódio.
- Brometo de sódio, carbonato de cálcio, sulfato de cálcio, cloreto de sódio e sulfato de magnésio e, por último, cloreto de magnésio.
- Cloreto de sódio, sulfato de magnésio, carbonato de cálcio, sulfato de cálcio, cloreto de magnésio e, por último, brometo de sódio.

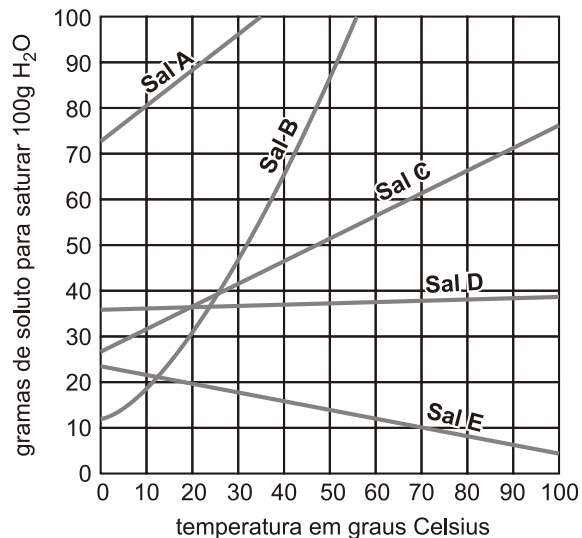
21) A solubilidade do cloreto de potássio (KCl) em 100 g de água, em função da temperatura é mostrada na tabela abaixo:

Temperatura (°C)	Solubilidade (g KCl/100g de água)
0	27,6
10	31,0
20	34,0
30	37,0
40	40,0
50	42,6

Ao preparar-se uma solução saturada de KCl em 500 g de água, a 40°C e, posteriormente, ao resfriá-la, sob agitação, até 20°C, é correto afirmar que

- nada precipitará.
- precipitarão 6 g de KCl.
- precipitarão 9 g de KCl.
- precipitarão 30 g de KCl.
- precipitarão 45 g de KCl.

22) O gráfico abaixo mostra a curva de solubilidade para diversos sais inorgânicos. A análise do gráfico permite concluir que a quantidade mínima de água, em gramas, a 10°C, necessária para dissolver 16 g do sal A é igual a:



- 12
- 20
- 36
- 48

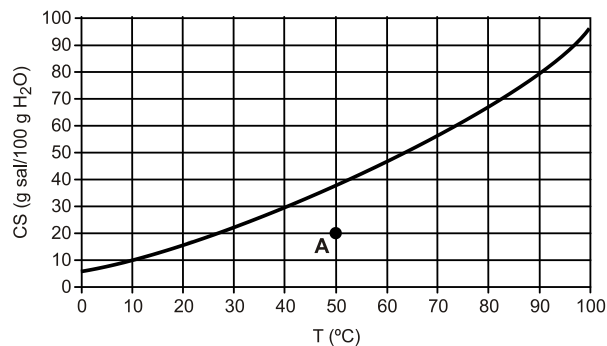
23) A solubilidade aquosa do KNO₃ é de 36 g/100 mL, na temperatura 25°C, e de 55 g/100 mL na temperatura de 35°C.

Uma solução de KNO₃ preparada em água a 30°C, contendo 55 g deste sal em 100 mL de água será uma

- solução saturada, porém sem precipitado.
- solução saturada na presença de precipitado.
- solução não saturada, porém sem precipitado.
- solução não saturada na presença de precipitado.
- mistura heterogênea formada por sal precipitado e água pura.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

O gráfico mostra a curva de solubilidade do sal dicromato de potássio em água.



24) A solução indicada pelo ponto **A** e o tipo de dissolução do dicromato de potássio são denominadas, respectivamente:

- a) insaturada e endotérmica.
- b) insaturada e exotérmica.
- c) saturada e endotérmica.
- d) supersaturada e endotérmica.
- e) supersaturada e exotérmica.



GABARITOS

- 1) E
- 2) B
- 3) B
- 4) A
- 5) D
- 6) C
- 7) B
- 8) E
- 9) C
- 10) D
- 11) E
- 12) A
- 13) D
- 14) A
- 15) C
- 16) D
- 17) B
- 18) C
- 19) A
- 20) A
- 21) D
- 22) B
- 23) B
- 24) A