

Olimpíadas de Química+

Semifinal 2018-03-10

Duração 1h 30min

Pergunta	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Total
Cotação	20	16	20	24	20	100
Classificação						

Escola

Nome

Nome

Nome

Nota: Apresente todos os cálculos que efetuar

Dados:

$$\rho_{\text{água}} = 1,0 \text{ g cm}^{-3}$$

$$\text{Volume molar} = 22,4 \text{ dm}^3$$

Valor paramétrico da $[\text{Na}^+]$ em água para consumo humano – 200 mg/dm^3

$$k_{\text{CH}_4} = 3,36 \times 10^{-15} \text{ cm}^3 \text{ moléculas}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

$$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

$$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$N_A = 6,022 \times 10^{23}$$

Questão1

A madeira é principalmente constituída por macromoléculas, como a celulose, as hemiceluloses e a lenhina, e em menor proporção, outros componentes de menor massa molecular de natureza orgânica e inorgânica (como o cálcio, o potássio ou o magnésio, entre outros elementos).

A celulose (Figura 1A) é o principal componente da parede celular, sendo uma biomolécula de massa molecular elevada, constituído por unidades de D-glucose (Figura 1B e 1C) ligadas entre si através de uma ligação covalente. A fórmula empírica é $(C_6H_{10}O_5)_n$ tipicamente com valores entre 300 e 700, mas podendo atingir 7000. Entre as várias fibras de celulose formam-se ligações por ponte de hidrogénio, responsáveis pela rigidez da celulose e pela manutenção da estrutura das plantas. A celulose é a biomolécula mais abundante à superfície da Terra.



Por outro lado, a D-glucose é igualmente um dos hidratos de carbono mais importantes em Biologia sendo um dos principais produtos da fotossíntese e a fonte de energia das células onde é oxidada numa sequência de reações bioquímicas.

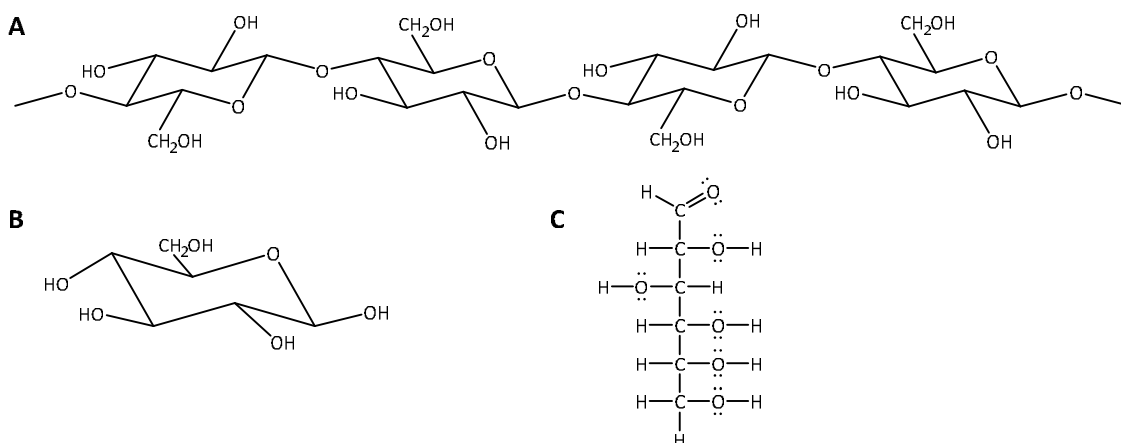


Figura 1. Estrutura molecular de um segmento de uma cadeia de celulose (A), da β -D-glucose na forma cíclica (B) e a estrutura de Lewis da D-glucose na forma aberta (C).

1.1. Identifique as famílias correspondentes aos grupos funcionais presentes na forma aberta da D-glucose (forma C). Assinale a opção correta.

- Aldeído e cetona
- Ácido carboxílico e álcool
- Álcool e aldeído
- Álcool e éster

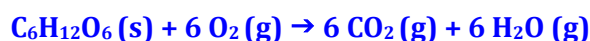
R: terceira opção

1.2. Assinale a opção correta. A β -D-glucose (forma B), relativamente à celulose, é o:
(Assinale a opção correta)

- polímero
 isómero
 dímero
 monómero

R: quarta opção

1.3. Em caso de incêndio florestal um dos principais compostos para o qual ocorrerá a combustão será a D-glucose. Escreva a equação química, devidamente acertada, que traduz esta reação de combustão completa (fórmula molecular de C, $C_6H_{12}O_6$).



1.4. Atendendo aos valores de energia de ligação que constam da Tabela 1, determine o ΔH da reação de combustão da D-glucose.

Tabela 1- Energias de ligação

Ligação	Energia (kJ/mol)	Ligação	Energia (kJ/mol)
C-H	413	O=O	498
C-C	347	C=O	745
C-O	358	C=O (no CO_2)	799
O-H	467		

$$\Delta H_{\text{comb}} = \sum E_{\text{ligações que se quebram}} - \sum E_{\text{ligações que se formam}} \quad (\text{ou equação equivalente})$$

$$\Delta H_{\text{comb}} = [7 \times E(\text{C-H}) + 5 \times E(\text{C-O}) + 5 \times E(\text{C-C}) + 5 \times E(\text{O-H}) + E(\text{C=O}) + 6 \times E(\text{O=O})] - [12 \times E(\text{C=O no } CO_2) + 12 \times E(\text{O-H})]$$

$$\Delta H_{\text{comb}} = [7 \times 413 + 5 \times 358 + 5 \times 347 + 5 \times 467 + 745 + 6 \times 498] - [12 \times 799 + 12 \times 467]$$

$$\Delta H_{\text{comb}} = 12484 - 15192 = -2708 \text{ kJ/mol}$$

1.5. Qual o número de moléculas que resultam da combustão completa de 20 g de glucose?

$$R: M(C_6H_{12}O_6) = 6 \times 12,01 + 12 \times 1,01 + 6 \times 16,00 = 180,18 \text{ g mol}^{-1}$$

$$20/180,18 = 0,111 \text{ moles de moléculas de glucose}$$

$$0,111 \times 12 \times 6,022 \times 10^{23} = 8,021 \times 10^{23} \text{ moléculas}$$

1.6. Admitindo que cerca de 30 % duma árvore viva é D-glucose, determine o volume de CO₂, em condições PTN, libertado na combustão da D-glucose de uma árvore de 800 kg. Apresente o resultado em m³.

$$M_r(C_6H_{12}O_6) = 6 \times 12,01 + 12 \times 1,01 + 6 \times 16,00 = 180,18$$

$$m(C_6H_{12}O_6) = 800000 \times 0,3 = 240000 \text{ g}$$

$$n(C_6H_{12}O_6) = m/M = 240000/180,18 = 1332 \text{ mol}$$


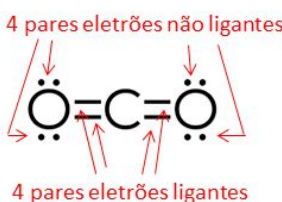
$$n(CO_2) = 6 \times n(C_6H_{12}O_6) = 6 \times 1332 = 7992 \text{ mol}$$

$$V(CO_2) = n(CO_2) \times V_{\text{molar}} = 7992 \text{ mol} \times 22,7 \text{ dm}^3/\text{mol} = 179021 \text{ dm}^3 = 179 \text{ m}^3$$

1.7. Desenhe as estruturas de Lewis das moléculas de água e de dióxido de carbono, indicando em cada caso número de elétrons de valência, elétrons ligantes e pares isolados presentes.

Água	Dióxido de carbono
Nº elétrons de valência _____	Nº elétrons de valência _____
Nº elétrons ligantes _____	Nº elétrons ligantes _____
Nº elétrons não ligantes _____	Nº elétrons não ligantes _____

R:

Água	Dióxido de carbono
	
Nº elétrons de valência _ _8_____	Nº elétrons de valência _ 16_____
Nº elétrons ligantes _ _4_____	Nº elétrons ligantes _ _8_____
Nº elétrons não ligantes _ _4_____	Nº elétrons não ligantes _ _8_____

Questão 2

Na sequência de um pequeno fogo florestal, ocorreu o escoamento de matéria ardida para um lago na proximidade. Este escoamento alterou as propriedades físico-químicas da água, como o pH, e o teor em certos elementos como o cálcio, o potássio ou o magnésio.

Foi feita uma recolha de água para análise após o escoamento e os resultados foram comparados com uma análise efetuada antes do escoamento (Tabela 2).

O volume de água recolhida em cada uma das análises foi de 500 cm³.



Tabela 2- Resultados da análise da água do lago.

Parâmetro	Antes do escoamento	Depois do escoamento
pH	8,2	7,9
Teor de Ca ²⁺ (mg dm ⁻³)	88,1	110
Teor de K ⁺ (mg dm ⁻³)	7,05	12,0
Teor de Mg ²⁺ (mg dm ⁻³)	22,3	30,4

2.1. Calcule a concentração, em unidades do sistema internacional, de magnésio na amostra de água recolhida após o escoamento.

Num dm³ existem 30,4 mg de Mg, logo $n_{Mg} = m/A_r = 30,4 \times 10^{-3} / 24,31 = 1,25 \times 10^{-3}$ mol

A concentração em molaridade do Mg será

$$C = n_{Mg} / V = 1,25 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3} \quad C = 1,25 \text{ mol m}^{-3}$$

2.2. Calcule a fração molar de cálcio na amostra de água recolhida após o escoamento (considere apenas a presença dos elementos constantes da Tabela 2).

Num dm³

$$n_{Ca} = m/A_r = 110 \times 10^{-3} / 40,08 = 2,74 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_K = m/A_r = 12,0 \times 10^{-3} / 39,10 = 3,07 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n_{H_2O} = m/A_r = 1000 / 18,02 = 55,49 \text{ mol}$$

$$\chi_{Ca} = n_{Ca} / (n_{Ca} + n_K + n_{Mg} + n_{H_2O}) = 2,74 \times 10^{-3} / (2,74 \times 10^{-3} + 3,07 \times 10^{-4} + 1,25 \times 10^{-3} + 55,49) = 4,94 \times 10^{-5}$$

Ou

No volume recolhido - 500 cm³

$$n_{Ca} = m/A_r = 55,0 \times 10^{-3} / 40,08 = 1,37 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_K = m/A_r = 6,00 \times 10^{-3} / 39,10 = 1,53 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n_{Mg} = m/A_r = 15,2 \times 10^{-3} / 24,31 = 6,25 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n_{H_2O} = m/A_r = 500 / 18,02 = 27,75 \text{ mol}$$

$$\chi_{Ca} = n_{Ca} / (n_{Ca} + n_K + n_{Mg} + n_{H_2O}) = 1,37 \times 10^{-3} / (1,37 \times 10^{-3} + 1,53 \times 10^{-4} + 6,25 \times 10^{-4} + 27,75) = 4,94 \times 10^{-5}$$

2.3. Considere que a água do lago faz parte de uma rede de captação de água para posterior tratamento de modo a torná-la apta para consumo humano.

A água bruta quando entra na estação de tratamento sofre diversos processos para remover poluentes e fazer o ajuste de certos parâmetros.



Por lei, os valores paramétricos para água de consumo humano para os iões de cálcio e magnésio não devem

ultrapassar os valores de 100 e 50 mg dm⁻³, respetivamente, e o pH deve estar compreendido entre 6,5 e 9,0.

Com base nesta informação, complete as seguintes afirmações com os termos adequados.

A- Considerando a água após o escoamento de matéria ardida, o elemento cujo teor não cumpre a legislação é o _____ .

B- Considerando o valor de pH da água antes e após o escoamento, pode concluir que o carácter da matéria ardida é _____ .

C- A estação de tratamento de água envolvida neste processo ajusta o pH da água de entrada ao valor de pH 8,5. Assim, o tratamento da água do lago após o escoamento implicaria a adição de _____ , em _____ quantidade que no caso da água antes do escoamento.

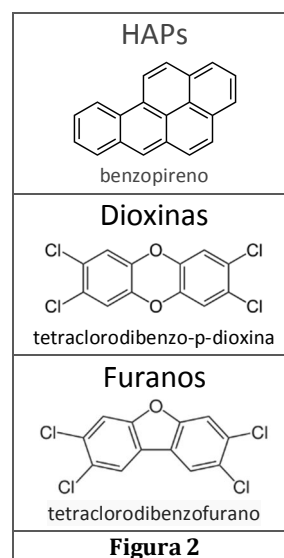
A- Cálcio

B- Ácido

C- Base/maior

Questão 3

Os problemas ambientais resultantes dos incêndios florestais vão muito para além do que é visível na floresta queimada pois durante os incêndios formam-se diversos poluentes entre os quais compostos orgânicos subprodutos da combustão de material orgânico. De entre os poluentes destacam-se os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs), as dioxinas e os furanos, que correspondem a um conjunto de mais de 300 compostos orgânicos distintos detetados em amostras de ar, solo, água, sedimentos, vegetação, organismos aquáticos e terrestres, bem como no corpo humano (tecido adiposo, leite materno e plasma sanguíneo). Estes poluentes são considerados pela Organização Mundial de Saúde como mutagénicos e cancerígenos para o Homem. A sua toxicidade é agravada pelo facto de serem compostos muito persistentes. Os HAPs uma vez dissolvidos em água, resistem a numerosos tratamentos de degradação, os quais em alguns casos originam derivados halogenados ainda mais nocivos que o composto original. Em particular as dioxinas são frequentemente mencionadas nos meios de comunicação.





3.1. As moléculas de dioxina e de furano que se representam na Figura 2 são exemplos de membros destas classes mais vulgarmente detetados e dos mais nocivos. Estes compostos têm na sua composição os elementos Carbono, Oxigénio, Hidrogénio e Cloro.

a) Preencha os espaços em branco e selecione as opções corretas.

A 1ª energia de ionização é a quantidade de energia necessária para _____

O Carbono e Oxigénio pertencem ao mesmo _____ da Tabela Periódica, sendo a 1ª energia de ionização, respetivamente, 1086,5 e 1313,9 kJ mol⁻¹.

O fator predominante que justifica a diferença observada é o _____ do Carbono para o Oxigénio. Consequentemente, no caso do Oxigénio a remoção eletrónica está (dificultada/facilitada) _____ devido à (maior/menor) _____ força de _____ núcleo- _____ de _____.

A 1ª energia de ionização é a quantidade de energia necessária para remover 1 mole de eletrões (ou 1 eletrão) de uma mole de átomos (ou de 1 átomo) no estado gasoso e fundamental.

Em opção pode também aceitar-se a resposta: energia necessária para extrair o eletrão mais energético.

O Carbono e Oxigénio pertencem ao mesmo período da Tabela Periódica, sendo a 1ª energia de ionização, respetivamente, 1086,5 e 1313,9 kJ mol⁻¹.

O fator predominante que justifica a diferença observada é o aumento da carga nuclear efetiva do Carbono para o Oxigénio. Consequentemente no caso do Oxigénio a remoção eletrónica está dificultada devido à maior força de atração núcleo-eletrões de valência.

b) Apresente a distribuição eletrônica do ião mais frequente do Oxigênio.



c) O Cloro tem dois isótopos Cloro-35 e Cloro-37.

i. Sabendo que a massa atômica relativa do cloro é 35,45 calcule as percentagens relativas de cada isótopo.

$$(35 \times x) + (37 \times (100 - x))/100 = 35,45$$

A resolução da equação permite concluir que $^{35}\text{Cl} = 75,5 \%$ e $^{37}\text{Cl} = 24,5 \%$

ii. Complete as frases seguintes:

^{35}Cl apresenta _____ protões _____ eletrões _____ neutrões

^{37}Cl apresenta _____ protões _____ eletrões _____ neutrões

^{35}Cl apresenta 17 protões 17 eletrões 18 neutrões

^{37}Cl apresenta 17 protões 17 eletrões 20 neutrões

3.2. A legislação nacional (Decreto-Lei nº 306/2007 de 27 de Agosto) impõe que o limite máximo admissível de benzopireno ($\text{C}_{20}\text{H}_{12}$) em águas para consumo humano seja 0,01 ppb. Expresse a concentração na unidade de concentração mol dm^{-3} .

MM benzopireno = $252,31 \text{ g mol}^{-1}$

0,01 μg correspondem a $((0,01 \times 10^{-6}) / 252,31) = 3,96 \times 10^{-11} \text{ mol}$

Portanto a concentração será $3,96 \times 10^{-11} \text{ mol dm}^{-3}$

3.3. A presença de cloro na estrutura molecular das dioxinas e dos furanos aumenta a toxicidade do composto mas tal não quer dizer que o cloro tenha sempre o mesmo efeito nocivo. Um exemplo é o caso do cloreto de sódio que ingerimos diariamente e que também pode ser usado a nível laboratorial por exemplo para despistar a presença de prata numa solução desconhecida. Qual o volume de uma solução de NaCl $0,2 \text{ mol dm}^{-3}$ que deve ser usada para preparar 50 cm^3 de uma solução $0,01 \text{ mol dm}^{-3}$.

Nº de moles de NaCl nos 50 cm^3 da solução $0,01 \text{ mol dm}^{-3}$

$$x = (50 \times 0,01) / 1000 = 0,0005 \text{ mol}$$

Volume de solução NaCl $0,2 \text{ mol dm}^{-3}$ necessário

$$y = (0,0005 \times 1000) / 0,2 = 2,5 \text{ cm}^3$$

Questão 4

O uso de águas subterrâneas contribui com cerca de um terço para o consumo total de água doce no mundo. A ocorrência de água doce geralmente é limitada a uma camada de cerca de cem metros no subsolo. Em maiores profundidades ocorre água salgada. A utilização econômica das águas subterrâneas para o abastecimento público de água, indústria e agricultura só é possível quando o seu teor salino não excede determinados limites. A água salgada pode, em casos extremos, levar ao abandono dos poços de abastecimento quando as concentrações de iões dissolvidos excedem os padrões de água potável, pois a sua remoção geralmente precisa de medidas de tratamento de água caras e tecnicamente avançadas.

A figura 3 mostra a relação entre água doce e água salgada num aquífero costeiro livre onde se encontra representada a posição da cunha salina, o nível freático original e a “zona de mistura” ou transição da região de água doce para água salgada.

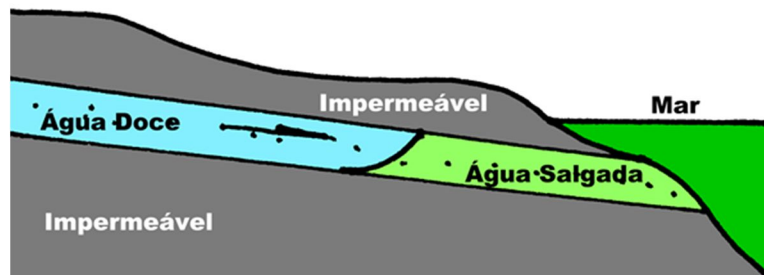


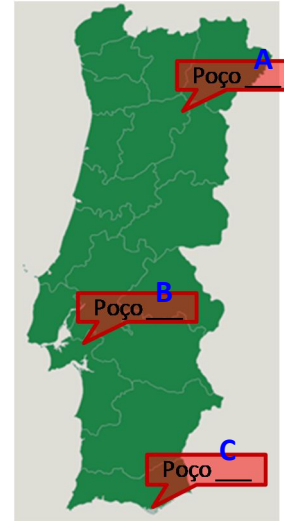
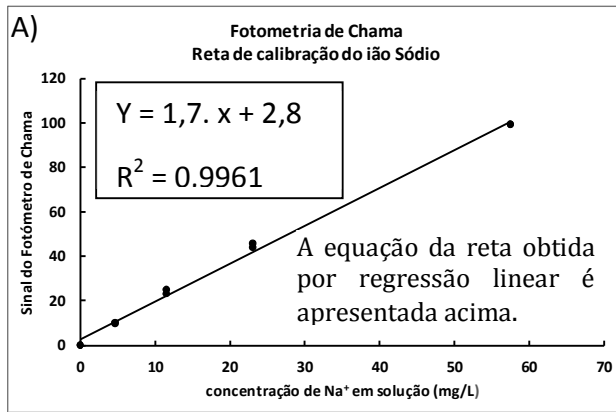
Figura 3

Se o potencial do aquífero é pequeno, ocorre o avanço de água salgada para o seu interior originando uma zona de transição mais ou menos bem desenvolvida (água doce – água salgada), dependendo do potencial de recarga de água doce.

4.1. Cada elemento tem um espectro de riscas característico. Esta propriedade pode ser usada para determinar a concentração de sódio na água usando um fotómetro de emissão de chama. A intensidade da radiação emitida por um dado elemento em estudo é proporcional à sua concentração na solução em análise.

O gráfico apresentado na figura 4A) mostra a relação entre a intensidade de luz emitida (I), a um comprimento de onda (λ) característico do átomo de Na, em função da concentração iónica deste elemento em soluções de NaCl (intervalo de concentrações de 4,6 a 57,5 mg/dm³ em Na⁺).

Posteriormente foram analisadas 3 amostras em triplicado provenientes de poços artesianos em localizações distintas (ver figura 4B)). Cada uma das amostras foi diluída 10 vezes e os resultados das leituras de emissão efetuadas encontram-se na tabela da figura 2 C). Paralelamente foi analisada uma amostra de água do mar previamente diluída 300 vezes.



C)

Amostra	Sinal Instrumental (I)		
Poço A	23,2	24,8	20,3
Poço B	40,3	43,4	42,7
Poço C	89,8	90,0	91,6
Água do mar	65,5	65,7	65,2

Figura 4

- a) A partir dos dados da equação de regressão linear obtida (ver gráfico), calcular a concentração em massa de NaCl nas amostras do Poço A, Poço C e Água do mar.

$$\text{Sinal Poço A} - (23,2 + 24,7 + 20,3) / 3 = 22,8$$

$$C_{\text{PA}} = (22,8 - 2,8) / 1,7 = 11,8 \text{ mg/L Na}^+ \quad 11,8 \times 10 = 118 \text{ mg/dm}^3 \text{ Na}^+ = 0,118 \text{ g/dm}^3 \text{ Na}^+$$

$$M(\text{NaCl}) = 58,45 \text{ g/mol} \quad M(\text{Na}) = 22,99 \text{ g/mol}$$

$$C_{\text{NaCl Poço A}} = (58,45 \times 118) / 22,99 = 0,299 \text{ g/dm}^3 \text{ NaCl}$$

$$\text{Sinal Poço C} - (89,8 + 90,0 + 91,6) / 3 = 90,5$$

$$C_{\text{PC}} = (90,5 - 2,8) / 1,7 = 51,6 \text{ mg/L Na}^+ \quad 51,6 \times 10 = 516 \text{ mg/L Na}^+ = 0,516 \text{ g/dm}^3 \text{ Na}^+$$

$$M(\text{NaCl}) = 58,45 \text{ g/mol} \quad M(\text{Na}) = 22,99 \text{ g/mol}$$

$$C_{\text{NaCl Poço B}} = (58,45 \times 0,516) / 22,99 = 1,31 \text{ g/dm}^3 \text{ NaCl}$$

$$\text{Sinal Água do mar} - (65,5 + 65,7 + 65,2) / 3 = 65,5$$

$$C_{\text{AM}} = (65,5 - 2,8) / 1,7 = 36,3 \text{ mg/L Na}^+ \quad 36,9 \times 300 = 11059 \text{ mg/dm}^3 \text{ Na}^+ = 11,06 \text{ g/L Na}^+$$

$$M(\text{NaCl}) = 58,45 \text{ g/mol} \quad M(\text{Na}) = 22,99 \text{ g/mol}$$

$$C_{\text{NaCl Água do mar}} = (58,45 \times 11,06) / 22,99 = 28,12 \text{ g/dm}^3 \text{ NaCl}$$

- b) Diga porque foi necessário aplicar um fator de diluição superior à água do mar.

Para que o sinal instrumental e a concentração em Na^+ se situe dentro do intervalo de concentrações dos padrões usado para a reta de calibração, que vai de 4,6 a 57,5 mg/dm^3 em Na^+ .

- c) Tendo em atenção o texto de introdução à questão 4, identifique no mapa apresentado na figura 4B) a localização de cada poço de amostragem e verifique se alguma das amostras é própria para consumo humano (consultar valor paramétrico).

Identificação dos poços - Resolvido na figura 4 B)

Para o Valor paramétrico de 200 mg/dm^3 em Na, a amostra do poço A é própria para consumo no que diz respeito ao sódio.

4.2. A Figura 5 mostra a variação da condutividade elétrica (grandeza diretamente proporcional à concentração salina) da água de um poço com a profundidade. Explique a diferença entre a curva do ano 2001 e a do ano 2004 e proponha uma possível explicação para esta alteração.

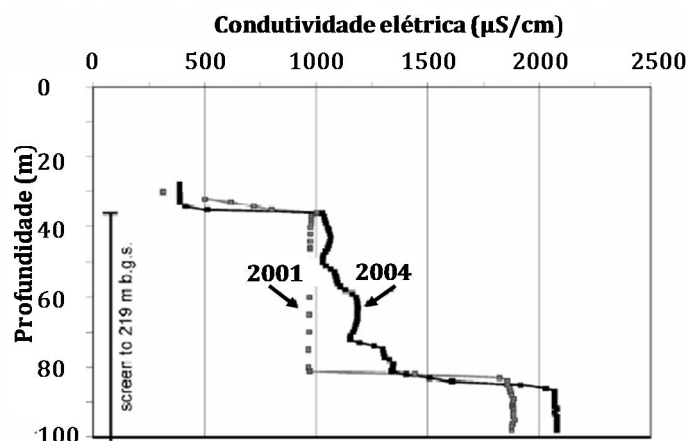


Figura 5

Até cerca dos 35 m, não há alterações significativas. Em 2001, a condutividade mantinha-se constante entre esta profundidade e próximo dos 80 m, onde sofria um aumento brusco, que deve corresponder à interface água doce - água salgada. Em 2011 verifica-se um aumento progressivo da salinidade entre os 35 e os 85 m, mais pronunciado a partir dos 80 m e a salinidade abaixo dessa profundidade é também superior à verificada em 2001.

Uma causa provável para esta observação é a subida de água salgada devido à bombagem de água doce do poço.

4.3. Sabendo que num aquífero a profundidade (z) da interface entre a água doce ($\rho = 1,000 \text{ g/cm}^3$) e a água salgada é 40 vezes superior à sua altura (h) acima do nível médio da água do mar, calcule a densidade da água salgada.

$$z = \frac{\rho_f \cdot h}{\rho_s - \rho_f}$$

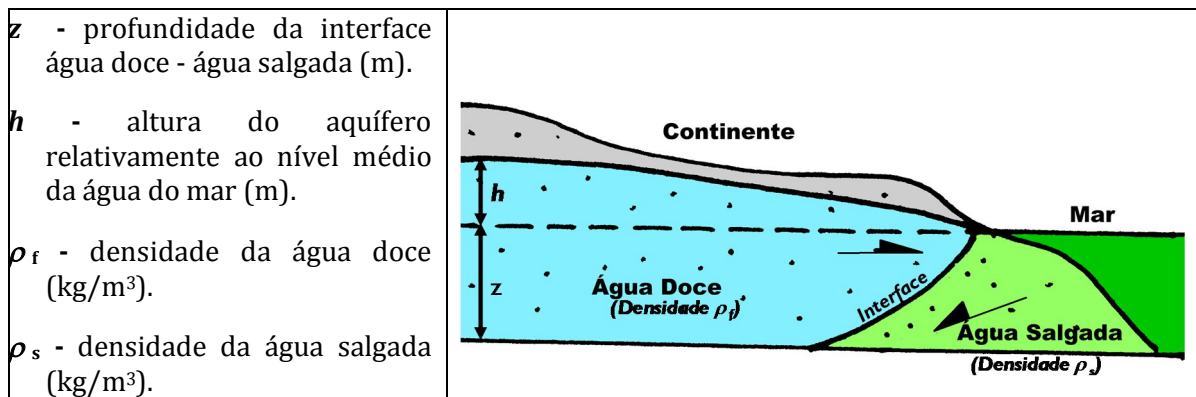


Figura 6

$$40 \cdot h = 1000 h / (\rho_s - 1000)$$

$$40 \cdot \rho_s - 40000 = 1000$$

$$\rho_s = 41000 / 40 = 1025 \text{ kg/m}^3 = 1,025 \text{ g/cm}^3$$

Questão 5

Para além dos efeitos socioeconómicos dos fogos florestais decorrentes da perda de fontes de rendimento de famílias, habitações ou mesmo de vidas humanas, existem também os efeitos causados no ambiente, em particular na atmosfera.

O fumo emitido pelos fogos florestais é composto maioritariamente por partículas em suspensão e por compostos de carbono, nitrogénio e enxofre. O metano, CH_4 , é um dos três principais compostos de carbono que são emitidos para a atmosfera, cuja quantidade anual proveniente da combustão da biomassa está estimada em $50 \times 10^9 \text{ kg}$. Além desta, existem outras fontes de emissão que globalmente são responsáveis pela presença de CH_4 na atmosfera com uma concentração média de 1,8 ppm_v.

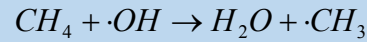


5.1. Exprima a concentração média de metano na atmosfera em moléculas cm^{-3} nas condições normais de pressão e temperatura.

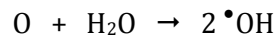
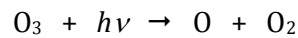
$$C_{\text{CH}_4} = \frac{1,8 \times 10^{-6} \text{ cm}^3}{1 \text{ cm}^3} \times \frac{1 \text{ mol}}{22,4 \times 10^3 \text{ cm}^3} \times \frac{6,022 \times 10^{23}}{1 \text{ mol}}$$

$$C_{\text{CH}_4} = 4,8 \times 10^{13} \text{ moléculas / cm}^3$$

- 5.2. O CH_4 é naturalmente removido da atmosfera através da sua reação com o radical hidroxilo, $\cdot\text{OH}$, na troposfera. A reação ocorre sem a intervenção de mais algum reagente e leva à formação de água e de um outro radical. Escreva a equação química, devidamente acertada, que traduz a reação entre o metano e o radical hidroxilo.



- 5.3. O radical hidroxilo é formado na troposfera em consequência da fotodecomposição do ozono troposférico.



Calcule o comprimento de onda máximo, expresso em *nanómetros*, da radiação incidente que permitirá decompor o ozono, sabendo que a quebra homolítica da sua ligação O-O requer uma energia mínima de 386 kJ/mol nas condições troposféricas.

$$\lambda = \frac{1 \text{ mol}}{386 \times 10^3 \text{ J}} \times \frac{6,022 \times 10^{23}}{1 \text{ mol}} \times 6,63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times \frac{3,0 \times 10^8 \text{ m}}{1 \text{ s}}$$

$$\lambda = 3,10 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda = 310 \text{ nm}$$

- 5.4. A velocidade de perda de metano por reação com o radical $\cdot\text{OH}$ é expressa por:

$$v_{\text{perda } \text{CH}_4} = \frac{\Delta[\text{CH}_4]}{\Delta t} = k_{\text{CH}_4} [\text{CH}_4] [\cdot\text{OH}]$$

Calcule a velocidade de perda de metano quando a concentração de radical $\cdot\text{OH}$ é constante ao longo do tempo e igual a $[\cdot\text{OH}] = 1,1 \times 10^6$ moléculas cm^{-3} .

$$v_{\text{perda } \text{CH}_4} = 3,36 \times 10^{-15} \times 4,8 \times 10^{13} \times 1,1 \times 10^6$$

$$v_{\text{perda } \text{CH}_4} = 1,8 \times 10^5 \text{ moléculas } \text{cm}^{-3} \text{ s}^{-1}$$