



PROVA MODALIDADE B

4ª FASE OQEP 2024

QUESTÃO 1 - Um perito do setor de balística, responsável por fornecer laudos técnicos cruciais na resolução de crimes, realiza diversas análises químicas e físicas em situações controladas de disparo de projéteis. Esse processo, que envolve testes repetidos e a manipulação de munições, resulta em uma exposição prolongada ao chumbo. A intoxicação por chumbo no contexto balístico ocorre principalmente devido à presença deste metal nas munições, especialmente em projéteis compostos por chumbo ou suas ligas, além dos resíduos liberados durante o disparo das armas de fogo. Profissionais que atuam em ambientes de tiro, como atiradores, policiais, militares e pessoal de manutenção de armas, estão em risco constante de exposição ao chumbo, caso não adotem as precauções necessárias. Muitas munições ainda utilizam projéteis de chumbo, e, ao serem disparadas, a queima da pólvora e a fragmentação do projétil geram uma nuvem de fumaça e poeira que contém partículas de chumbo. Essas partículas, invisíveis a olho nu, podem ser inaladas pelas pessoas presentes no ambiente de tiro, representando um risco significativo à saúde. A exposição crônica a essas substâncias pode ocasionar intoxicação por chumbo, afetando de forma grave o sistema nervoso central, os rins, o sistema cardiovascular e até provocando anemia. Em virtude desses riscos, os profissionais da balística devem adotar medidas de proteção rigorosas, como o uso de sistemas de ventilação adequados, equipamentos de proteção respiratória e vestimentas especializadas, para reduzir a inalação dessas partículas tóxicas. Além disso, é fundamental a realização de exames periódicos para monitorar os níveis de chumbo no organismo e garantir a detecção precoce de qualquer sinal de intoxicação, promovendo assim a saúde e segurança desses profissionais.

ROCHA, Ernesto Díaz. *Análise de riscos toxicológicos e ambientais na exposição ocupacional aos resíduos de armas de fogo (GSR/firing ranges): uma proposta de normalização*. 2015. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Materiais) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Orientador: Prof. Dr. Jorge Eduardo de Sousa Sarkis

Li o enunciado e estou ciente de que as questões a seguir são itens que estão diretamente relacionadas a ele.

Cite outro exemplo de intoxicação por chumbo associada a práticas rotineiras em alguma profissão. Quais são os principais riscos à saúde dos profissionais expostos a esse metal, os efeitos adversos que a exposição ao chumbo pode causar a longo prazo e como os conhecimentos da química podem ser utilizados para prevenir ou reduzir essa exposição de forma eficaz? Referencie os materiais consultados **(50 PONTOS)**.

Citar a profissão que está exposta ao chumbo (10 pontos)

Citar os riscos da exposição (10 pontos)

Como reduzir os riscos da exposição (20 pontos)

Referências (10 pontos)

Um perito de balística realizou um exame de rotina para monitorar a quantidade de chumbo no organismo. Durante o exame, ele foi alvo de uma brincadeira: colaram uma bala com o valor do exame em seu relatório. No entanto, algumas informações sobre o exame foram repassadas ao perito. Inicialmente, foram coletados 5 mL de sangue, os quais foram preparados para análise utilizando um método desenvolvido pelo laboratório. Após preparada a amostra, a leitura de absorvância foi realizada, e a concentração de chumbo foi determinada pela curva de calibração, à qual o perito teve acesso. O valor de absorvância obtido para a amostra foi $2,3 \times 10^{-3}$.

Com base nas informações fornecidas, o perito deve avaliar se o teor de chumbo encontrado em sua amostra está dentro dos limites de segurança ou se é necessário iniciar um tratamento, levando em consideração os valores de referência do exame.

Pergunta: Com base no valor de absorvância de $2,3 \times 10^{-3}$ e nas informações fornecidas, determine se o perito precisa ou não realizar tratamento devido ao teor de chumbo em seu organismo, considerando a curva de calibração e os valores de referência do exame. Explique os passos para calcular a concentração de chumbo na amostra e compare com os limites estabelecidos para indicar a necessidade de tratamento. (50 PONTOS).



RESOLUÇÃO:

Dada a equação da reta podemos calcular o valor da concentração em ppm (x) substituindo o valor da absorbância (y), assim:

$$y = 0,0089x - 0,0004$$

$$2,3 \times 10^{-3} = 0,0089x - 0,0004$$

$$x = \frac{2,3 \times 10^{-3} + 0,0004}{0,0089}$$

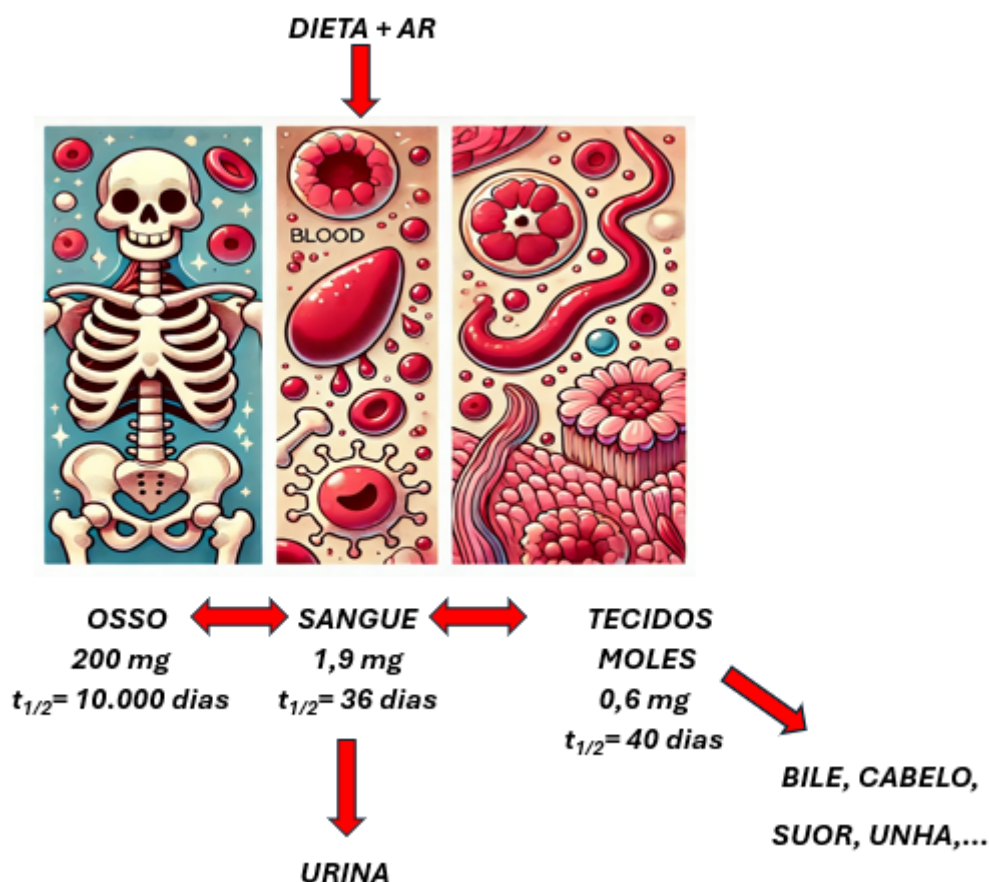
$$x = 0,303 \text{ ppm}$$

Como ppm é igual a $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, para converter para $\mu\text{g} \cdot \text{dL}^{-1}$

$$\frac{0,303 \text{ mg}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ L}}{10 \text{ dL}} \times \frac{1000 \mu\text{g}}{1 \text{ mg}} = 30,3 \mu\text{g} \cdot \text{dL}^{-1}$$

Como o valor de referência era de $40 \mu\text{g} \cdot \text{dL}^{-1}$, e a concentração no sangue do perito era de $30,3 \mu\text{g} \cdot \text{dL}^{-1}$, ele não precisa fazer tratamento.

Cinética (100 PONTOS)



Diversos estudos têm buscado elucidar o processo cinético pelo qual o chumbo é metabolizado no organismo. A distribuição do chumbo no corpo depende diretamente de sua taxa de transferência da corrente sanguínea para os diferentes órgãos e tecidos. Após ser

absorvido, o chumbo segue uma cinética complexa, para a qual ainda não foi estabelecido um modelo metabólico definitivo. Contudo, a figura a seguir ilustra as vias metabólicas do chumbo no organismo, baseando-se em uma cinética hipotética de primeira ordem.

Fonte adaptada: Rabinowitz, M. B., Wetherill, G. W., & Kopple, J. D. (1976). *Kinetic analysis of lead metabolism in healthy humans*. The Journal of Clinical Investigation, 58(4), 711-719. <https://doi.org/10.1172/JCI108467>

Com base na concentração de chumbo presente no sangue do perito, suponha que ele tire 30 dias de férias e que, durante esse período, não haja nenhuma exposição ao chumbo, seja por meio da dieta ou do ar. Considerando que o chumbo no sangue é excretado exclusivamente pela urina, qual seria a quantidade total de chumbo no corpo do perito ao final das férias? Para o cálculo, assuma que o volume de sangue no organismo de um adulto é de 5 litros.

Como a concentração de chumbo no sangue do perito era de $30,3 \mu\text{g. dL}^{-1}$, calculado anteriormente, levando em conta o volume total de sangue de 5L. Temos que a quantidade total de chumbo será de:

$$30,3 \mu\text{g. dL}^{-1} = \frac{0,303\text{mg}}{\text{L}} \times 5\text{L} = 1,515 \text{ mg no sangue do perito}$$

Considerando a cinética de primeira ordem e que chumbo no sangue é excretado **exclusivamente** pela urina, podemos calcular a constante através do tempo de meia-vida:

$$k = \frac{0,693}{t_{1/2}} = \frac{0,693}{36 \text{ dias}} = 0,019 \text{ dias}^{-1}$$

Sendo a cinética de primeira ordem, em 30 dias teremos:

$$\ln[A]_t = \ln[A]_o - kt$$

$$\ln[A]_t = \ln[1,515] - 30 \times 0,019$$

$$\ln[A]_t = 0,85 \text{ mg}$$

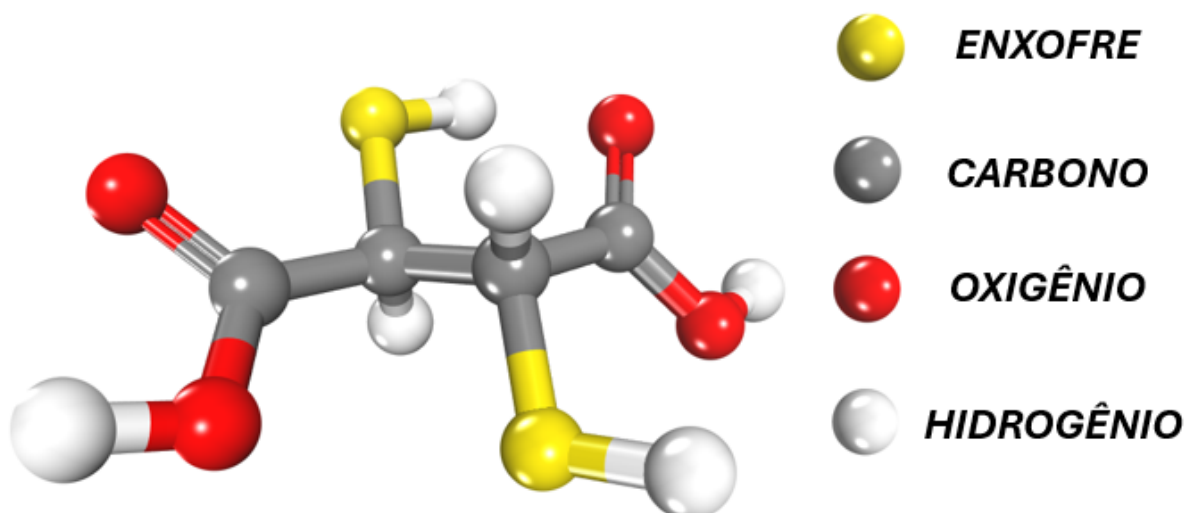
A quantidade total no corpo após 30 dias, será:

$$1,515 \text{ mg} - 0,85 \text{ mg} = 0,67 \text{ mg}$$

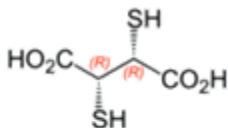
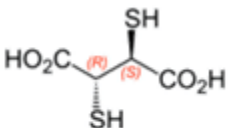
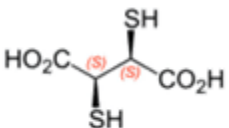
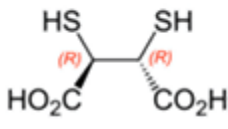
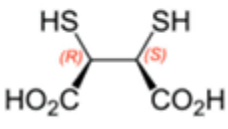
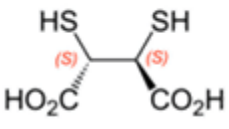
Orgânica (100 PONTOS)

A exposição ao chumbo (Pb) e sua toxicidade continuam sendo um problema grave em alguns países. A molécula a seguir tem se mostrado eficaz na redução da carga de Pb no organismo, apresentando menos efeitos colaterais em comparação com outros agentes quelantes. Por ser administrada por via oral e possuir um perfil de segurança relativamente elevado, ela é considerada uma alternativa viável para o tratamento de intoxicação por Pb em regime ambulatorial.

PAPPAS, J. B.; AHLQUIST, J. T.; ALLEN, E. M.; BANNER, W. Oral Dimercaptosuccinic Acid and Ongoing Exposure to Lead: Effects on Heme Synthesis and Lead Distribution in a Rat Model. *Toxicology and Applied Pharmacology*, v. 133, n. 1, p. 121-129, jul. 1995. DOI: [10.1006/taap.1995.1133](https://doi.org/10.1006/taap.1995.1133).



Desenhe e nomeie os estereoisômeros possíveis da molécula, identificando quais deles são opticamente ativos e quais não são, justificando com base em suas propriedades estruturais, como a presença de centros quirais.

		
		
(2R,3R)-ácido 2,3-dimercaptosuccínico	(2R,3S)-ácido 2,3-dimercaptosuccínico Meso-ácido 2,3-dimercaptosuccínico	(2S,3S)-ácido 2,3-dimercaptosuccínico
opticamente ativo	opticamente inativo	opticamente ativo