

## Proposta de resolução

1.

1.1.

$$A = V + \overrightarrow{VA} = (4, 2, 1) + \left(-\frac{7}{2}, 2, 0\right) = \left(\frac{1}{2}, 4, 1\right)$$

$\vec{n} = (4, -2, -4)$  é um vetor diretor da reta  $VC$  e, portanto, um vetor normal ao plano que contém a base do cone.

O plano que contém a base do cone pode ser definido por:

$$4\left(x - \frac{1}{2}\right) - 2(y - 4) - 4(z - 1) = 0 \Leftrightarrow 4x - 2 - 2y + 8 - 4z + 4 = 0 \Leftrightarrow$$

$$4x - 2y - 4z = -10 \Leftrightarrow -2x + y + 2z = 5$$

1.2.  $C$  é a interseção da reta  $VC$  com o plano que contém a base do cone, assim:

$$(x, y, z) = (0, 4, 5) + \lambda(4, -2, -4), \lambda \in \mathbb{R} \Leftrightarrow (x, y, z) = (4\lambda, 4 - 2\lambda, 5 - 4\lambda), \lambda \in \mathbb{R}$$

$$-2x + y + 2z = 5 \Leftrightarrow -2(4\lambda) + (4 - 2\lambda) + 2(5 - 4\lambda) = 5 \Leftrightarrow$$

$$-8\lambda + 4 - 2\lambda + 10 - 8\lambda = 5 \Leftrightarrow 18\lambda = 9 \Leftrightarrow \lambda = \frac{1}{2}$$

$$\therefore C(2, 3, 3)$$

$$\overline{VC} = \sqrt{(4-2)^2 + (2-3)^2 + (1-3)^2} = \sqrt{4+1+4} = 3$$

$$\overline{CA} = \sqrt{\left(2 - \frac{1}{2}\right)^2 + (3-4)^2 + (3-1)^2} = \sqrt{\frac{9}{4} + 1 + 4} = \frac{\sqrt{29}}{2}$$

$$\therefore V = \frac{1}{3}\pi \left(\frac{\sqrt{29}}{2}\right)^2 \times 3 = \frac{29}{4}\pi$$

2.

2.1. Se  $n$  é ímpar então  $\frac{n-1}{2}$  é o número de bolas numeradas com número par e  $\frac{n+1}{2}$  é o número de bolas numeradas com número ímpar.

A probabilidade de ser retirada pelo menos uma bola numerada com número par é dada por:

$$1 - \frac{\frac{n-1}{2}C_2}{nC_2}$$

Então:

$$1 - \frac{\frac{n-1}{2}C_2}{nC_2} = \frac{11}{14} \Leftrightarrow \frac{\frac{n-1}{2}C_2}{nC_2} = \frac{3}{14} \Leftrightarrow \frac{\left(\frac{n-1}{2}\right)\left(\frac{n-1}{2}-1\right)}{\frac{2}{n(n-1)}} = \frac{3}{14} \Leftrightarrow$$

$$\frac{\frac{1}{4}(n-1)(n-3)}{n^2-n} = \frac{3}{14} \Leftrightarrow \frac{n^2-4n+3}{n^2-n} = \frac{6}{7} \Leftrightarrow 7n^2-28n+21 = 6n^2-6n \Leftrightarrow$$

$$n^2-22n+21=0 \Leftrightarrow n = \frac{22 \pm \sqrt{22^2-4 \times 21}}{2} \Leftrightarrow n=1 \vee n=21 \Rightarrow n=21$$

**2.2.**

**2.2.1.**

$$P\left[C \mid (\overline{A \cup B})\right] = P\left[C \mid (\overline{A} \cap \overline{B})\right] = \frac{3}{8}$$

$P\left[C \mid (\overline{A} \cap \overline{B})\right]$  é a probabilidade de a segunda bola extraída ser numerada com número par, sabendo que a primeira bola extraída estava numerada com um número par e múltiplo de três. Se o primeiro valor extraído era par e múltiplo de três, então a bola extraída continha o número seis. Assim, para a segunda extração restam oito bolas, três delas numeradas com número par (2, 4 e 8).

**2.2.2.**  ${}^9A_4 = 3024$  Opção C

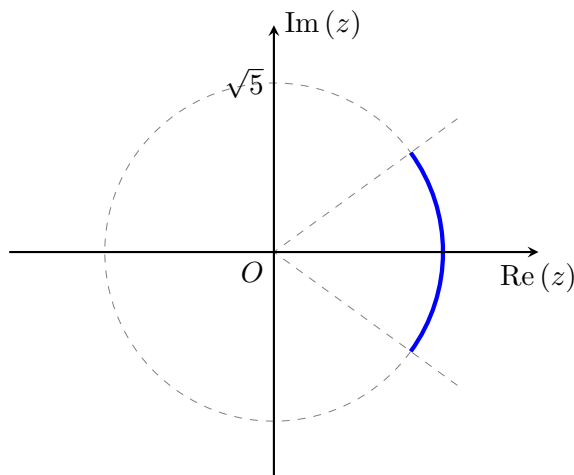
${}^9A_4$  representa o número de formas de distribuir as 4 bolas numeradas com número par por 4 das nove posições no total. As bolas numeradas com números ímpares ficam automaticamente com as 5 posições que sobram e apenas existe uma forma de as colocar de forma crescente.

**3.**

**3.1.**

$$|z| = |z_1| \wedge |\operatorname{Arg}(z)| \leq \operatorname{Arg}(z_2) \Leftrightarrow$$

$$|z| = \sqrt{5} \wedge -\frac{\pi}{5} \leq \operatorname{Arg}(z) \leq \frac{\pi}{5}$$



Opção A

**3.2.**

$$\text{C.A.) } 2021 = 505 \times 4 + 1 \Rightarrow i^{2021} = i^1 = i$$

$$\frac{\overline{z_1}^3 + (3 \cdot \overline{z_2}^{15})^2}{1 + i^{2021}} = \frac{(1-2i)^3 + \left(3 \times \left(e^{-\frac{\pi}{5}i}\right)^{15}\right)^2}{1+i} = \frac{(-3-4i)(1-2i) + 9 \times e^{-6\pi i}}{\sqrt{2}e^{\frac{\pi}{4}i}} =$$

$$\frac{-3+6i-4i-8+9}{\sqrt{2}e^{\frac{\pi}{4}i}} = \frac{-2+2i}{\sqrt{2}e^{\frac{\pi}{4}i}} = \frac{2\sqrt{2}e^{\frac{3\pi}{4}i}}{\sqrt{2}e^{\frac{\pi}{4}i}} = 2e^{\frac{\pi}{2}i}$$

4. Seja  $h$  a função de domínio  $[-3, 1]$  definida por  $h(x) = (g \circ g)(x) + g(x+1)$   
 $h$  é contínua em  $[-3, 1]$  por ser a soma de funções contínuas.

$$\begin{aligned} h(-3) &= (g \circ g)(-3) + g(-3+1) = g(g(-3)) + g(-2) = g(-g(3)) - g(2) = \\ &= g(-2) - g(2) = -2g(2) < 0 \end{aligned}$$

$$h(1) = (g \circ g)(1) + g(1+1) = g(g(1)) + g(2) = g(2) + g(2) = 2g(2) > 0$$

Como  $h(-3)$  e  $h(1)$  têm sinais contrários e  $h$  é contínua em  $[-3, 1]$ , então pelo corolário do teorema de Bolzano, existe pelo menos um  $c \in ]-3, 1[$  tal que  $h(c) = 0$ , ou seja, tal que  $(g \circ g)(c) + g(c+1) = 0$

5. Opção D, uma vez que não existe mudança de sinal de  $f''$  da “esquerda” para a “direita” de  $x = b$

6.

$$\begin{aligned} {}^{2021}C_{100} - {}^{2019}C_{99} - {}^{2019}C_{1919} &= {}^{2020}C_{99} + {}^{2020}C_{100} - \left( {}^{2019}C_{99} + {}^{2019}C_{100} \right) = \\ &= {}^{2020}C_{99} + {}^{2020}C_{100} - {}^{2020}C_{100} = {}^{2020}C_{99} \end{aligned}$$

Os primeiros 99 e os últimos 99 elementos dessa linha são inferiores ou iguais a  ${}^{2020}C_{99}$ , assim existem  $2021 - 99 \times 2 = 1823$  elementos superiores a esse elemento.

Opção A

7.

$$\begin{aligned} m_r &= \tan\left(\pi - \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{3}\right) = \tan\left(\frac{\pi}{6}\right) = \frac{\sqrt{3}}{3} \Rightarrow \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{f(x)}{x} = \frac{\sqrt{3}}{3} \\ y - 0 &= \frac{\sqrt{3}}{3}(x - 1) \Leftrightarrow y = \frac{\sqrt{3}}{3}x - \frac{\sqrt{3}}{3} \Rightarrow \lim_{x \rightarrow +\infty} \left(f(x) - \frac{\sqrt{3}}{3}x\right) = -\frac{\sqrt{3}}{3} \Leftrightarrow \\ &\lim_{x \rightarrow +\infty} (\sqrt{3}x - 3f(x)) = \sqrt{3} \end{aligned}$$

Opção C

8.

$$\widehat{ABC} = \pi - \frac{2\pi}{5} = \frac{3\pi}{5}$$

$$\overline{AC}^2 = 2^2 + 2^2 - 2 \times 2 \times 2 \times \cos\left(\frac{3\pi}{5}\right) = 8 - 8 \cos\left(\frac{3\pi}{5}\right)$$

$$C\hat{A}D = \frac{2\pi}{5} = \frac{\pi}{5}$$

$$\overrightarrow{AC} \cdot \overrightarrow{AD} = \overline{AC} \times \overline{AD} \times \cos\left(\frac{\pi}{5}\right) = \overline{AC}^2 \cos\left(\frac{\pi}{5}\right) = \left(8 - 8 \cos\left(\frac{3\pi}{5}\right)\right) \cos\left(\frac{\pi}{5}\right) \approx 8,5$$

Opção B

9.

9.1.

$$\overline{PT} = \tan \theta$$

$$\overline{PS} = -\tan \left( \theta - \frac{\pi}{2} \right) = \frac{1}{\tan \theta}$$

$$\overline{ST} = \tan \theta + \frac{1}{\tan \theta} = \frac{\tan^2 \theta + 1}{\tan \theta} = \frac{\frac{1}{\cos^2 \theta}}{\frac{\sin \theta}{\cos \theta}} = \frac{1}{\sin \theta \cos \theta}$$

$$A(\theta) = \frac{\overline{OP} \times \overline{ST}}{2} - \frac{\pi \overline{OP}^2}{4} = \frac{1 \times \frac{1}{\sin \theta \cos \theta}}{2} - \frac{\pi}{4} = \frac{1}{2 \sin \theta \cos \theta} - \frac{\pi}{4} = \frac{1}{\sin(2\theta)} - \frac{\pi}{4}$$

9.2.

$$A'(\theta) = -\frac{2 \cos(2\theta)}{\sin^2(2\theta)}$$

$$A'(\theta) = 0 \Leftrightarrow -\frac{2 \cos(2\theta)}{\sin^2(2\theta)} = 0 \Leftrightarrow \cos(2\theta) = 0 \wedge \sin(2\theta) \neq 0 \Leftrightarrow 2\theta = \frac{\pi}{2} + k\pi \wedge 2\theta \neq k\pi, k \in \mathbb{Z} \Leftrightarrow$$

$$\theta = \frac{\pi}{4} + k\frac{\pi}{2} \wedge \theta \neq k\frac{\pi}{2}, k \in \mathbb{Z} \Rightarrow \theta = \frac{\pi}{4}$$

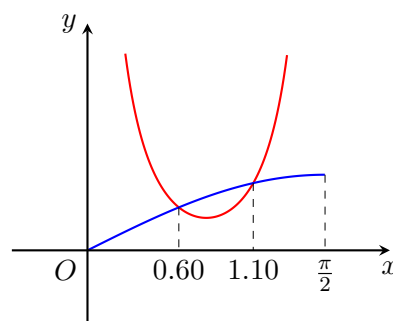
$x$	0		$\frac{\pi}{4}$		$\frac{\pi}{2}$
$A'(\theta)$	n.d.	-	0	+	n.d.
$A$	n.d.	↓	Min.	↑	n.d.

O valor de  $\theta$  para o qual é mínima a área da região sombreada é  $\frac{\pi}{4}$

9.3.

$$A_{[OPQ]} = \frac{1 \times \sin \theta}{2} = \frac{1}{2} \sin \theta$$

$$\frac{1}{\sin(2\theta)} - \frac{\pi}{4} < \frac{1}{2} \sin \theta$$

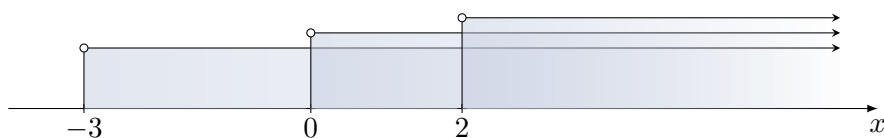


$$S = ]0.60; 1.10[$$

10.

$$D = \{x \in \mathbb{R} : x - 2 > 0 \wedge \sqrt{x} > 0 \wedge x \geq 0 \wedge x + 3 > 0\}$$

$$= \{x \in \mathbb{R} : x > 2 \wedge x > 0 \wedge x > -3\}$$



$$D = ]2, +\infty[$$



$$\log_2(x-2) \leq 1 + \log_{\sqrt{2}}(\sqrt{x}) - \log_4(x+3) \Leftrightarrow$$

$$\log_2(x-2) + \log_4(x+3) \leq 1 + \frac{\log_2 \sqrt{x}}{\log_2 \sqrt{2}} \Leftrightarrow$$

$$\log_2(x-2) + \frac{\log_2(x+3)}{\log_2 4} \leq 1 + \frac{\frac{1}{2} \log_2 x}{\frac{1}{2}} \Leftrightarrow$$

$$\log_2(x-2) + \frac{1}{2} \log_2(x+3) \leq 1 + \log_2 x \Leftrightarrow$$

$$2 \log_2(x-2) + \log_2(x+3) \leq 2 + 2 \log_2 x \Leftrightarrow$$

$$\log_2 \left[ (x-2)^2 (x+3) \right] \leq \log_2 (4x^2) \Leftrightarrow$$

$$(x^2 - 4x + 4)(x+3) \leq 4x^2 \Leftrightarrow$$

$$x^3 + 3x^2 - 4x^2 - 12x + 4x + 12 - 4x^2 \leq 0 \Leftrightarrow$$

$$x^3 - 5x^2 - 8x + 12 \leq 0$$

Os divisores do termo independente 12 são: 1, -1, 2, -2, 3, -3, 4, -4, 6, -6, 12 e -12.

Testando para  $x = 1$ :

$$1^3 - 5 \times 1^2 - 8 \times 1 + 12 = 1 - 5 - 8 + 12 = 0$$

Assim 1 é raiz do polinómio  $x^3 - 5x^2 - 8x + 12$ .

Aplicando a regra de Ruffini, tem-se:

$$1 \begin{array}{r|rrrr} 1 & 1 & -5 & -8 & 12 \\ & & 1 & -4 & -12 \\ \hline & 1 & -4 & -12 & 0 \end{array}$$

Logo:

$$x^3 - 5x^2 - 8x + 12 \leq 0 \Leftrightarrow (x - 1)(x^2 - 4x - 12) \leq 0$$

Aplicando a fórmula resolvente:

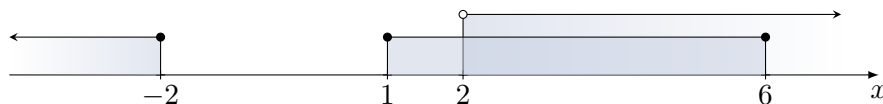
$$x^2 - 4x - 12 = 0 \Leftrightarrow x = \frac{4 \pm \sqrt{16 + 4 \times 12}}{2} \Leftrightarrow x = \frac{4 \pm 8}{2} \Leftrightarrow x = 6 \vee x = -2$$

Então:

$$(x - 1)(x^2 - 4x - 12) \leq 0 \Leftrightarrow (x - 1)(x - 6)(x + 2) \leq 0$$

$x$	$-\infty$	$-2$		$1$		$6$	$+\infty$
$x - 1$	-	-	-	$0$	+	+	+
$x - 6$	-	-	-	-	-	$0$	+
$x + 2$	-	$0$	+	+	+	+	+
P	-	$0$	+	$0$	-	$0$	+

$$C.S = ]2, +\infty[ \cap (]-\infty, -2] \cup [1, 6])$$



$$C.S = ]2, 6]$$

11.

$$b_n = b_{n-1} + (a_n) - \ln(a_{n-1}) \Leftrightarrow b_n - b_{n-1} = \ln\left(\frac{a_n}{a_{n-1}}\right) \Leftrightarrow b_n - b_{n-1} = \ln r, \forall n > 1$$

$\therefore (b_n)$  é uma progressão aritmética de razão  $\ln r$

$$b_n = b_1 + (n - 1) \ln r = a_1 + \ln(r^{n-1})$$

12.

12.1.  $f$  é contínua em  $x = 0$  se e só se:

$$\lim_{x \rightarrow 0^-} f(x) = \lim_{x \rightarrow 0^+} f(x) = f(0)$$

$$f(0) = \ln(2e^{1+0} - e) = \ln e = 1 = \lim_{x \rightarrow 0^+} f(x)$$

$$\lim_{x \rightarrow 0^-} f(x) = \lim_{x \rightarrow 0^-} \frac{2 \ln(e^x + 1) - \ln(4)}{e^x - 1} = 2 \lim_{x \rightarrow 0^-} \frac{\ln\left(\frac{e^x + 1}{2}\right)}{e^x - 1}$$

$$\text{M.V: } y = \ln\left(\frac{e^x + 1}{2}\right) \Leftrightarrow 2e^y = e^x + 1 \Leftrightarrow 2e^y - 2 = e^x - 1$$

$$x \rightarrow 0^- \Rightarrow y \rightarrow 0^-$$

Assim,

$$\lim_{x \rightarrow 0^-} f(x) = 2 \lim_{y \rightarrow 0^-} \frac{y}{2(e^y - 1)} = \frac{1}{\underbrace{\lim_{y \rightarrow 0^-} \frac{e^y - 1}{y}}_{\text{Limite notável}}} = 1$$

$\therefore f$  é contínua em  $x = 0$

**12.2.**

$$\begin{aligned} \lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) &= \lim_{x \rightarrow +\infty} \left[ \ln(2e^{1+x} - e) - x \right] = \lim_{x \rightarrow +\infty} \left[ \ln \left( e^x \left( 2e - \frac{e}{e^x} \right) \right) - x \right] = \\ &= \lim_{x \rightarrow +\infty} \left[ x + \ln \left( 2e - \frac{e}{e^x} \right) - x \right] = \lim_{x \rightarrow +\infty} \ln \left( 2e - \frac{e}{e^x} \right) = \ln(2e - 0) = \ln(2e) \end{aligned}$$

O gráfico de  $f$  apresenta uma assíntota horizontal definida por  $y = \ln(2e)$  quando  $x \rightarrow +\infty$