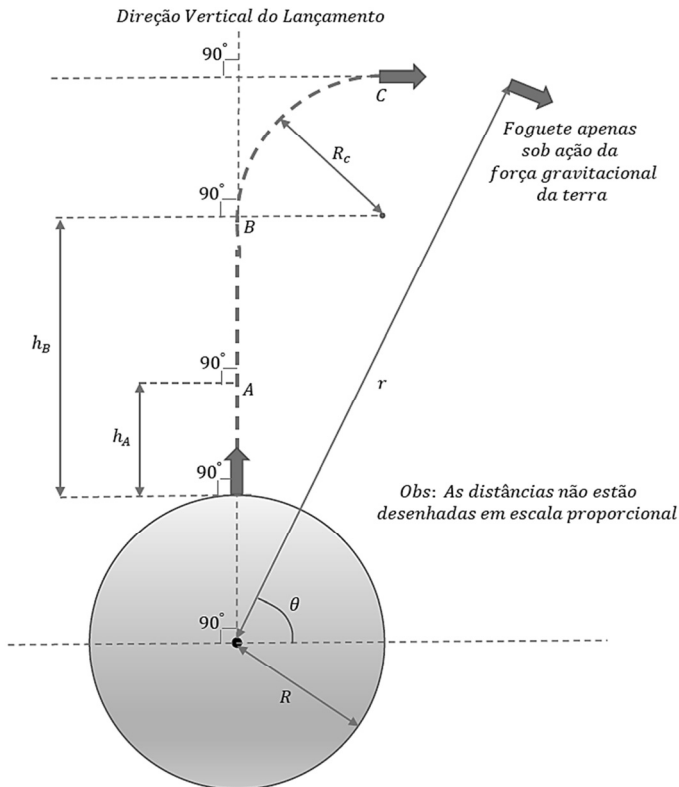


-- CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS --



Um foguete é lançado da superfície da Terra em um processo de três estágios, conforme descritos a seguir e esquematicamente ilustrados na figura anterior.

- Estágio 1 – O foguete é acelerado uniformemente até o ponto A, de altura h_A , com uma aceleração $\vec{a}$, cujo módulo é igual ao valor da aceleração da gravidade g na superfície da Terra.
- Estágio 2 – O foguete mantém-se em movimento retilíneo uniforme vertical ascendente até o ponto B, de altura h_B .
- Estágio 3 – O foguete faz uma curva circular de raio R_C até o ponto C, de tal modo que sua direção de movimento sofra uma alteração de 90 graus. O módulo de sua velocidade permanece constante e igual ao módulo da velocidade do foguete no estágio 2.

A velocidade do foguete nos estágios 2 e 3 é representada por $\vec{v}$. Nos três estágios, atuam sempre sobre o foguete a sua força de impulsão $\vec{F}$ e a força $\vec{P}$, devido à atração gravitacional da Terra. No estágio 1, além dessas forças, atua, também, uma força de resistência do ar $\vec{R}$, que sempre aponta na direção contrária à direção do movimento. Depois do estágio 3, o foguete fica livre e sob a ação apenas da força gravitacional da Terra. Nessa fase, a posição do foguete pode ser descrita a partir de sua distância r até o centro da Terra e o ângulo polar θ entre a direção da linha radial que liga o centro da Terra até o foguete, e a direção do foguete ao final do estágio 3. As massas da Terra e do foguete são, respectivamente, representadas por m_T e m_f . A massa da Terra está distribuída, uniformemente, em uma esfera de raio R . As distâncias indicadas nos estágios 1, 2 e 3, em função do raio da Terra R , são, respectivamente, $h_A = 0,02 R$, $h_B = 5 R$ e $R_C = R$.

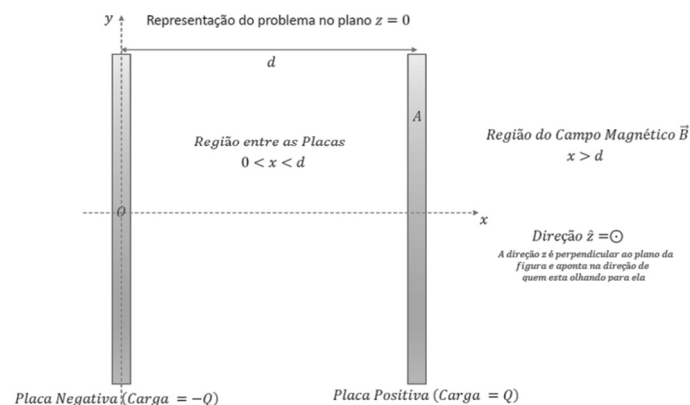
Acerca dessa situação hipotética e considerando-se que a massa do foguete permanece constante ao longo de seu movimento, que a aceleração da gravidade g valha 10 m/s^2 e que o raio da Terra R seja igual a 6.500 km , julgue os itens subsequentes.

- Até o foguete atingir o ponto A, a força resultante $\vec{F}_{\text{res}}$ sobre ele será tal que $|\vec{F}_{\text{res}}| = |\vec{F}| - |\vec{P}| - |\vec{R}|$.
- O valor do módulo da velocidade $\vec{v}$, nos estágios 2 e 3, será dado por $|\vec{v}| = 200\sqrt{70} \text{ m/s}$.

- No estágio 2, a aceleração do foguete é nula, o que implica que $|\vec{F}| = |\vec{P}|$ e que, portanto, $|\vec{F}|$ seja constante.
- O trabalho W realizado pela força $|\vec{F}|$ entre os pontos A e C é dado por $W = mgR \frac{100\sqrt{50}-102}{102\sqrt{50}}$.
- A energia mecânica E do foguete no ponto C é dada por $E = mgR \left(\frac{2}{100} - \frac{1}{\sqrt{50}} \right)$, e a órbita do satélite em torno do centro da Terra tem a forma de uma elipse.
- Para o módulo da aceleração $\vec{a}$, no estágio 1, deve existir um valor que implique que o foguete descreva uma órbita circular em torno do centro da Terra a partir do ponto C.
- A condição para que o foguete escape de uma órbita fechada em torno da Terra e se afaste indefinidamente dela é dada por $|\vec{a}| \geq \frac{50}{\sqrt{50}} g$.
- A conservação do momento angular implica que a velocidade angular $\omega = |\dot{\theta}|$ seja dada por $\omega = \frac{7R}{r^2} |\vec{v}|$, quando o foguete sai do estágio 3.

Considere duas placas planas, paralelas, com área superficial S e distância entre as placas d , carregadas uniformemente com cargas $-Q$ e Q , respectivamente, em que $Q > 0$. Para representar as grandezas relevantes nesse problema, considere, também, um sistema de coordenadas cartesiano tridimensional (x, y, z) com origem em um ponto O localizado na placa carregada negativamente. A figura a seguir representa o plano (x, y) correspondente à região $z = 0$, que é perpendicular aos planos das placas carregadas. A direção do eixo z é tal que $\hat{z} = \hat{x} \times \hat{y}$. Na representação da figura, a placa positiva é a da direita, e ela é um ímã.

Considere que na região à direita da placa positiva existe um campo magnético uniforme $\vec{B} = B_z \hat{z}$ e que, no instante inicial $t = 0$, uma carga negativa q esteja muito próxima da origem O, com velocidade $\vec{v}_0$, na direção $\hat{y}$. Essa carga, então, movimentar-se exclusivamente sob a ação do campo elétrico $\vec{E}$ gerado pelas placas até atingir a placa positiva no ponto A. Ela atravessa, então, a placa positiva e passa para a região onde existe o campo magnético. Para fins de cálculo do campo elétrico gerado pelas placas, considere que essas sejam grandes o suficiente para que possam ser consideradas como planos infinitos. Para descrever o movimento da carga, considere sua posição inicial como sendo a origem O. Considere, também, que o estado dinâmico da carga imediatamente antes de atravessar a placa positiva seja igual ao seu estado dinâmico imediatamente após atravessá-la.



Com base na situação hipotética apresentada, julgue os itens que se seguem.

- Com fundamento na lei de Gauss, demonstra-se que o campo elétrico entre as placas pode ser descrito por $\vec{E} = -\frac{1}{\epsilon_0} \frac{Q}{S} \hat{x}$.
- Pela lei de Gauss, demonstra-se que o campo elétrico na região $x < 0$ é dado por $\vec{E} = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{Q}{S} \hat{x}$.

61 Considerando-se que $\vec{E}$ seja o campo elétrico uniforme na região $0 < x < d$ entre as placas, as coordenadas do ponto A são dadas por $(x_A, y_A, 0)$, com $x_A = d$ e $y_A = v_0 \left(\frac{m}{|q|} \frac{d}{|\vec{E}|} \right)$.

62 Depois de atravessar a placa positiva no ponto A, a carga q descreverá um movimento circular cujo raio é

$$R = \frac{m}{q} \sqrt{\frac{2|q|\vec{E}|d+v_0^2}{|\vec{B}|}}.$$

Julgue os próximos itens, relativos à mecânica celeste.

63 Na Lei Harmônica de Kepler, $P^2 = K \cdot r^3$, a constante K é inversamente proporcional à constante G , da Lei da Gravitação Universal de Newton.

64 Para estabelecer a equação da trajetória para os corpos menores do sistema solar, como os asteroides, é suficiente conhecer o fator de excentricidade da órbita.

65 A órbita elíptica de um satélite artificial ou de um corpo celeste pode ser determinada a partir dos semieixos maior e da excentricidade da órbita.

66 Para um satélite em órbita circular, a velocidade de escape (v_{esc}) pode ser calculada a partir de sua velocidade orbital (v_{orb}), sabendo que $v_{\text{esc}} = 0,2 v_{\text{orb}}$.

67 A equação da energia total de um corpo em órbita do Sol pode ser derivada a partir do *momentum* angular e da equação da trajetória do corpo; o valor da energia para qualquer órbita cônica mostra que o semieixo maior da órbita depende somente da energia do sistema.

Julgue os itens subsecutivos, a respeito de dinâmica orbital e mecânica celeste.

68 A primeira teoria científica sobre a formação do sistema solar, a hipótese nebular, feita por P. S. Laplace, teve como base a conservação do momento angular do sistema solar.

69 Para colocar um satélite em órbita circular, é correto executar uma manobra orbital tal que o incremento de velocidade ocorre quando o satélite passa pelo apogeu da órbita.

70 Nas manobras assistidas por gravidade, são utilizadas naves espaciais em missões no sistema solar; a manobra pode ser descrita pela abordagem denominada *patched conics*, que é embasada nos efeitos gravitacionais envolvidos, esfera de influência e órbitas keplerianos.

71 A transferência orbital do satélite entre órbitas circulares com raios r_1 e r_2 ($r_2 > r_1$) é conhecida como manobra Hohmann de transferência de órbita; o incremento de velocidade para tal manobra será a diferença dos incrementos de velocidade no perigeu e no epogeu.

72 Nos sistemas de coordenadas celestes horizontal e equatorial, o azimute coincide com a ascensão reta.

Julgue o item subsecutivo, em relação ao encontro de naves espaciais no espaço, um tema importante para os sistemas espaciais.

73 Para executar o encontro de duas naves espaciais em órbita da Terra, é preciso calcular os incrementos de velocidade orbital necessários; se a excentricidade da órbita for desprezada, o incremento nas velocidades dependerá apenas da constante de Kepler, K .

Julgue os itens que se seguem, relativos à dinâmica de voo de veículos espaciais.

74 Para um ponto p que se move ao longo de uma órbita determinada pelo vetor posição $\mathbf{r}(x, y, z)$ e um ângulo da órbita θ_{th} , o vetor aceleração $\mathbf{a}$, com componentes transversal e radial, será corretamente escrito como a seguir.

$$\mathbf{a} = \left(\frac{d^2 r}{dt^2} - r \frac{d\theta_{\text{th}}}{dt} \right) \mathbf{r} + \left(r \cdot \frac{d^2 \theta_{\text{th}}}{dt^2} + \frac{2dr}{dt} \cdot \frac{d\theta_{\text{th}}}{dt} \right) \hat{\theta}_{\text{th}}$$

75 Para o caso geral do movimento de um corpo rígido, como, por exemplo, um veículo espacial, no espaço, a aceleração será dada pela expressão a seguir, em que ω é a velocidade angular e em que são utilizadas as coordenadas do ponto $p(x, y, z)$, bem como as coordenadas do sistema inercial (X, Y, Z) ; nessa análise, as acelerações devido à força de Coriolis são desconsideradas.

$$\mathbf{a} = \mathbf{a}_0 + \mathbf{a}_r + \omega \cdot \omega \cdot \mathbf{r} + \frac{d\omega}{dt} \cdot \mathbf{r} + 2\omega \cdot \mathbf{v}_r$$

76 Na determinação dos parâmetros orbitais de veículos espaciais, para analisar o movimento de rotação do veículo em relação a Terra, adota-se um sistema de coordenadas inercial $\mathbf{R}(X, Y, Z)$; nesse caso, a aceleração $\mathbf{a}_r$ do veículo em relação ao sistema inercial, será escrita como a seguir, em que $\mathbf{W}$ é o vetor velocidade de rotação da Terra e $\mathbf{a}_r = (\mathbf{g} - 2 \mathbf{W} \times \mathbf{v}_r)$.

$$\mathbf{a}_v = \mathbf{W} \times \mathbf{W} \times \mathbf{R} + \mathbf{a}_r + \mathbf{W} \times \mathbf{W} \times \mathbf{r} + 2\mathbf{W} \times \mathbf{r}$$

77 A dinâmica da atitude de um veículo espacial é baseada primariamente nas equações da dinâmica orbital de corpos rígidos. Os movimentos, posições e atitudes podem ser representados por sistemas de coordenadas fixadas no eixo do veículo e(ou) em sistemas de coordenadas inerciais; a partir deles é possível prever e avaliar acelerações e rotações do veículo.

78 Os ângulos de Euler formam três quantidades independentes capazes de definir a posição do eixo do corpo em termos de (x, y, z) , em relação a um sistema de coordenadas inercial. A matriz de transferência ou transformação, que representa a rotação do corpo em torno do eixo- z , e a matriz de rotação em termos das velocidades angulares e dos ângulos de Euler são equivalentes.

A respeito de sistemas de controle de atitude utilizados em satélites, julgue os itens seguintes.

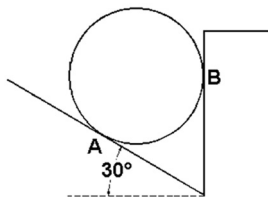
- 79 O *fibre optic gyroscope* (FOG) é um giroscópio utilizado em satélite mais leve que o RLG, pois o bloco contendo os prismas é eliminado.
- 80 O controle de atitude de satélites é realizado via atuador, após comando do ângulo de referência escolhido, rotina de controle de torque e sensor de dinâmica da atitude do veículo espacial.
- 81 Na ausência de forças externas, as equações de Euler para um corpo rígido mostram que a rotação do corpo em torno de qualquer um dos seus eixos principais é possível. A questão a ser resolvida no projeto do satélite será relativa à escolha do melhor eixo para a realização da estabilização por *spin*.
- 82 Em geral, giroscópios formam a base do sistema sensor para o controle de atitude do satélite; o motor do giroscópio é montado em um suporte móvel simples, controlado com alta precisão. A razão de precessão do giroscópio fornece a medida do torque necessária para o ajuste de qualquer eixo do satélite.
- 83 Para o controle de atitude, sistemas sensores com partes móveis são largamente utilizados em satélites; o *ring laser gyroscope* (RLG) é composto apenas por uma combinação de vidros cerâmicos e várias fontes multi-espectrais de luz.

Julgue o item subsequente, com relação a veículos lançadores orbitais e sub orbitais.

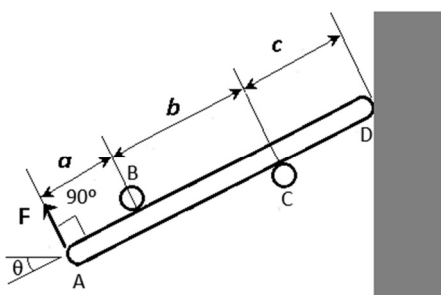
- 84 Ruídos de decolagem de veículos lançadores de satélites podem atingir níveis superior a 150 dB; o ruído aerodinâmico dos ignitores e das câmeras de combustão geram ondas de choque que podem resultar no colapso do veículo lançador.

A respeito dos princípios e conceitos da estática e da dinâmica dos corpos rígidos, julgue os itens seguintes.

- 85 Na situação a seguir, uma esfera homogênea com massa P repousa no plano inclinado de 30° , contra a parede vertical lisa B. Nessa situação, em módulo, o valor da força no plano inclinado é o dobro do valor da força na parede vertical.

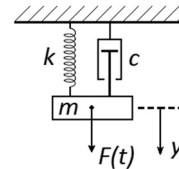


- 86 Na situação a seguir, uma barra AD, suportada em dois apoios, B e C, está apoiada contra uma parede formando um ângulo θ . Nessa situação e considerando que em todos os pontos de apoio não há atrito, se a força F for aplicada na direção vertical, para cima, então será nula a reação da parede contra a barra na direção horizontal.



- 87 Se, ao fazer uma curva de raio constante, o velocímetro de um veículo marcar o valor constante de 50 km/h, então o veículo não está sendo acelerado.

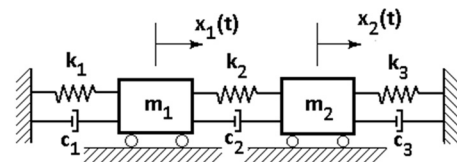
- 88 Se, na decolagem, uma aeronave necessita atingir a velocidade mínima de 80 m/s, com uma aceleração mínima de 4 m/s^2 para decolar, então a pista deverá ter pelo menos 800 m de comprimento, para uma decolagem segura.



Julgue os itens seguintes, considerando que, no sistema massa-mola amortecido acima, $m = 25 \text{ kg}$, $k = 3.025 \text{ N/m}$ e $c = 715 \text{ N.s/m}$.

- 89 O sistema em questão é sub-amortecido.

- 90 A frequência natural do sistema em consideração é inferior a 20 Hz.



Julgue o item subsequente, considerando que, no sistema mecânico precedente, o amortecimento viscoso, a rigidez e a massa são dados, respectivamente, por $c_1 = c_2 = c_3 = 0$, $k_1 = k_2 = k_3 = k$ e $m_1 = m_2 = m$.

- 91 O sistema apresenta as seguintes frequências naturais.

$$\omega_{n1} = \sqrt{\frac{k}{m}} \rightarrow 1.^{\text{a}} \text{ frequência natural}$$

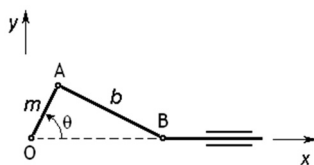
$$\omega_{n2} = \sqrt{\frac{3k}{m}} \rightarrow 2.^{\text{a}} \text{ frequência natural}$$

A respeito de máquinas rotativas e análise de defeitos em máquinas, julgue os itens a seguir.

- 92 No monitoramento de equipamentos, uma indicação de deterioração das suas condições é um aumento, durante o tempo de operação, do valor RMS (*Root Mean Square*), que é calculado a partir do sinal no domínio do tempo pela equação a seguir, em que n é o número de medições e x_i é o valor medido.

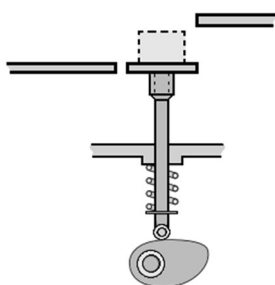
$$\text{RMS} = \sqrt{\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2}$$

- 93 Em um sistema rotativo totalmente balanceado, as reações de apoio devido às forças aplicadas são nulas, mas não às devidas aos momentos.



Com base no mecanismo biela-manivela na figura precedente, no qual a manivela m gira à velocidade constante ω , julgue os itens a seguir.

- 94 Na reversão de movimento, quando $\theta = 0^\circ$ ou $\theta = 180^\circ$, a aceleração e a velocidade instantânea da articulação B são nulas.
- 95 O mecanismo possui três graus de liberdade: a rotação da manivela m em torno do pivô O; a rotação da biela b ; e o deslocamento linear do ponto B ao longo do eixo x .



O mecanismo de came mostrado na figura acima tem a função de elevar caixas de uma correia transportadora para outra, repetidamente. A sequência de movimentos do seguidor é:

- elevação: 50 mm em 1,2 s;
- permanência: 0,4 s;
- descida: 25 mm em 0,9 s;
- permanência: 0,6 s;
- descida: 25 mm em 0,9 s.

A partir dessas informações, julgue o próximo item.

- 96 No mecanismo em tela, a velocidade de rotação do came é igual a 15 rpm.

Julgue os próximos itens, a respeito do planejamento das missões espaciais.

- 97 O ciclo de vida de uma missão espacial inclui a concepção da exploração, o desenvolvimento detalhado, a produção e lançamento do veículo espacial e as operações de suporte da missão.
- 98 A cobertura requerida para o veículo espacial é determinada, além do número de antenas e estações de solo necessárias para missão, pela frequência de passagem e pelo número de vezes que o veículo precisa se comunicar com a estação de solo. Satélites geoestacionários e satélites de órbita baixa em geral necessitam apenas de uma estação de solo.
- 99 Para a escolha da base de lançamento e do veículo lançador mais adequados para o posicionamento correto de um satélite na órbita planejada, vários fatores devem ser considerados e analisados. Entre eles, a estrutura e a localização da base em relação à linha do equador são fatores importantes; a eficiência e disponibilidade do local, o grau de confiança do veículo lançador, o índice de lançamentos bem sucedidos e o tempo de espera para o aviso de falha também são fatores essenciais.

- 100 Os principais passos para manufatura, integração e teste de um satélite são o planejamento das especificações de engenharia, fabricação dos componentes e sua integração e teste.

- 101 Satélites geoestacionários de comunicação utilizam, frequentemente, as bandas L, S, C, X e K de frequências; algumas faixas dessas bandas são utilizadas para *downlink* e outras, para *uplink*.

Julgue os seguintes itens, quanto a subsistemas de veículos espaciais.

- 102 Na estrutura de um satélite, fazem parte os subsistemas de propulsão, de controle e determinação de atitude, comunicação, aquisição e processamento e envio de dados, potência e de suporte de estrutura mecânica.

- 103 O subsistema de potência de um satélite é composto por painéis com células solares, baterias, controle de carga e descarga, limitador de tensão e regulação, limitador de tensão e regulação.

- 104 *Radioactive thermoelectric generator* (RTG), devido ao seu baixo grau de confiabilidade, não são utilizados em subsistemas de potência em satélites.

- 105 Um satélite no espaço interage com o ambiente espacial através de absorção e emissão de radiação. Essa interação é caracterizada pela absorção e reflexão da radiação solar; a radiação refletida e a energia térmica do planeta próximo pode ser desprezada.

- 106 As bolhas ionosféricas produzem as cintilações ionosféricas associadas com concentrações ou depressões na densidade do plasma ionosférico. Os sinais dos satélites sofrem alterações significativas devido a reflexões e mudanças nos índices refração devido a variações da densidade do plasma.

- 107 Os primeiros satélites geoestacionários eram estabilizados por *spin* único, o que limitava ou mesmo não permitia o uso de antenas orientadas para a Terra. Para solucionar esse problema, a configuração utilizada nos satélites geoestacionários posteriores foi a de estabilização com *spin* duplo.

Julgue o item a seguir, a respeito da origem e aplicação dos pontos lagrangianos.

- 108 Lagrange mostrou a existência de pontos de equilíbrio gravitacional no problema restrito de três corpos. Os pontos lagrangianos possuem aplicação no posicionamento estratégico de sondas telescópios e de sondas espaciais, como é o caso da missão SOHO e do telescópio James Webb, situados respectivamente nos pontos L2 (SOHO, voltada para observação solar) e L1 (telescópio James Webb, voltado para observação de estrelas e galáxias).

Arnaldo dispõe de R\$ 10.000,00, que serão distribuídos na compra de ações das empresas A e B. A primeira paga dividendos anuais de 10% sobre o valor investido, enquanto a segunda paga 7%. Considerando a maior volatilidade dos papéis da empresa A, comparada à da empresa B, Arnaldo decidiu que não aplicaria mais de 60% de seu capital em A, nem menos de 20% em B. Além disso, não investiria em A menos que em B. Especulou qual deveria ser sua alocação de capital nessas empresas, respeitando as restrições apresentadas, de modo a maximizar seu rendimento anual com os dividendos recebidos.

Com base nessa situação hipotética, julgue os itens seguintes.

- 109** Se x_A e x_B indicam, respectivamente, os valores alocados na compra de ações das empresas A e B, então $f(x_A, x_B) = 0,1 x_A + 0,07 x_B$ consiste na função objetivo associada ao problema geral de programação linear a ser resolvido, no que se refere aos dividendos anuais a serem recebidos por Arnaldo.
- 110** As restrições mencionadas na referida situação hipotética impõem sobre a região viável estrutura de espaço vetorial de, no mínimo, quatro dimensões.
- 111** Respeitando-se as restrições mencionadas, é correto afirmar que serão recebidos dividendos em montante superior a R\$ 330,00 e inferior a R\$ 900,00 ao ano.
- 112** Considerando, além das restrições mencionadas na situação hipotética, que os valores a serem investidos em cada empresa são não negativos, tem-se que o conjunto de pares ordenados (x_A, x_B) , que satisfazem a todas essas restrições, formam uma região hexagonal.

Em uma reação química $A + B \rightarrow Y$, os reagentes, em concentrações iniciais c_A e c_B , respectivamente, interagem para formar uma substância Y. Se, no instante t , a concentração de Y for $c_Y = f(t)$, então as concentrações de A e B serão $c_A - f(t)$ e $c_B - f(t)$, respectivamente. Nesse caso, supõe-se que a taxa de produção de Y seja proporcional ao produto das concentrações de A e B, isto é, $\frac{dc_Y}{dt} = k(c_A - c_Y)(c_B - c_Y)$, em que $k > 0$ representa uma constante de proporcionalidade.

Acerca desse modelo hipotético, julgue os itens a seguir.

- 113** Se $f(0) = 0$, então a concentração de Y ao longo do tempo será dada por $f(t) = c_A c_B \left[\frac{e^{k(c_A - c_B)t} - 1}{c_A e^{k(c_A - c_B)t} - c_B} \right]$.
- 114** Dada a presença da parcela c_Y^2 na expansão da equação diferencial apresentada, tal equação classifica-se como linear não homogênea de segunda ordem.
- 115** Para uma constante adequadamente escolhida C_2 , tem-se que a igualdade $\frac{c_1}{c_A - c_Y} + \frac{c_2}{c_B - c_Y} = \frac{1}{(c_A - c_Y)(c_B - c_Y)}$ ocorre com $C_1 = \frac{1}{c_B - c_A}$.
- 116** Uma primitiva da função $g(c_Y) = \frac{1}{(c_A - c_Y)(c_B - c_Y)}$ é dada por $G(c_Y) = \frac{\ln\left(\frac{c_A - c_Y}{c_B - c_Y}\right)}{c_A - c_B}$.

Uma empresa dispõe de dez funcionários, dos quais selecionará quatro para montar uma equipe para a realização de determinada tarefa, todos com igual função nessa tarefa. Márcio e Marcos são muito amigos e, quando trabalham juntos, costumam conversar demasiadamente, prejudicando a produtividade. Pedro e Paulo são desafetos, não trocam entre si nem mesmo as comunicações essenciais para o desempenho da tarefa, prejudicando também a produtividade.

No que se refere a essa situação hipotética, julgue os itens que se seguem.

- 117** Desconsiderando os riscos de prejuízos à produtividade, há mais de 250 maneiras de a equipe ser montada.
- 118** Há 4! maneiras de montar uma equipe com a participação de Márcio, Marcos, Pedro e Paulo.
- 119** O número de maneiras de se montar uma equipe em que Márcio e Marcos participem é inferior a 20.
- 120** Se os membros da equipe forem selecionados ao acaso, a probabilidade de não haver prejuízos à produtividade decorrentes dos aspectos mencionados é inferior a 75%.

Espaço livre