

OLIMPIADA BRASILEIRA DE ROBÓTICA 2016



Qualquer série ou ano do ensino médio ou técnico

NÍVEL 5 – FASE II

IDENTIFICAÇÃO DO ALUNO

NOME:

ESCOLA:

SÉRIE/ANO:

CIDADE:

ESTADO:

NOTA DA PROVA (0-100 PONTOS)

INSTRUÇÕES AOS PROFESSORES:

Caro(a) Professor(a):

- Esta prova contém 12 páginas.
- Tempo mínimo de prova: 30 minutos.
- Tempo máximo de prova: 4 horas.
- A folha de respostas deve ser preenchida a caneta, sem rasuras.
- Não é permitido o uso de calculadoras.
- Não é permitida a consulta a qualquer tipo de material.
- A prova deve ser realizada individualmente.
- Caso necessário, utilize $\pi = 3,14$.

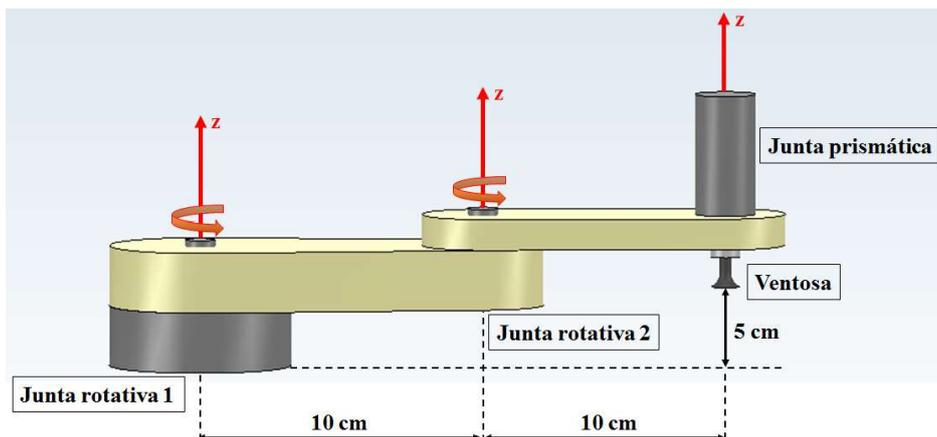
ORGANIZAÇÃO
E APOIO



Ministério da
Ciência e Tecnologia
Ministério da
Educação

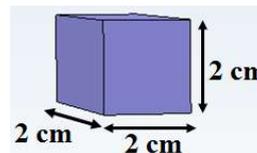
GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA

1. Um robô manipulador como o da figura abaixo é composto por duas juntas rotativas e uma junta prismática.



Nesse robô, as juntas rotativas executam movimentos angulares em torno do eixo z e, portanto, sua posição é indicada em graus (JR1 ou JR2), sendo que o sinal positivo indica rotação no sentido anti-horário. A junta prismática executa um movimento translacional ao longo do eixo z e, portanto, sua posição é indicada em centímetros (JP), sendo que o sinal positivo indica deslocamento para cima. Além disso, o manipulador possui como ferramenta final uma ventosa que pode receber os comandos acionar (1) ou desligar (0). A junta prismática posiciona a ventosa na altura adequada.

Esse robô deve realizar a tarefa de capturar um cubo, como o da figura ao lado, usando a ventosa, colocá-lo na posição desejada e voltar à posição inicial.



Utilizando os dados da tabela a seguir, determine a sequência de comandos a ser programada e selecione a alternativa correta.

Comando do robô	robot (JR1, JR2, JP)
Comando da ventosa	tool (ventosa)
JR1	[-360°, 360°]
JR2	[-360°, 360°]
JP	[-5cm, 0cm]
ventosa	0 ou 1
Posição inicial do robô	(0°, 0°, 0cm)
Posição inicial do cubo (xi ; yi)	(1,8cm ; 6,8cm)
Posição final do cubo (xf ; yf)	(-8,6cm ; 0cm)

- A.**
- ```
robot (90°, 30°, 0cm)
robot (90°, 30°, -3cm)
robot (90°, 30°, 0cm)
robot (60°, 150°, 0cm)
robot (60°, 150°, -3cm)
robot (60°, 150°, 0cm)
robot (0°, 0°, 0cm)
```

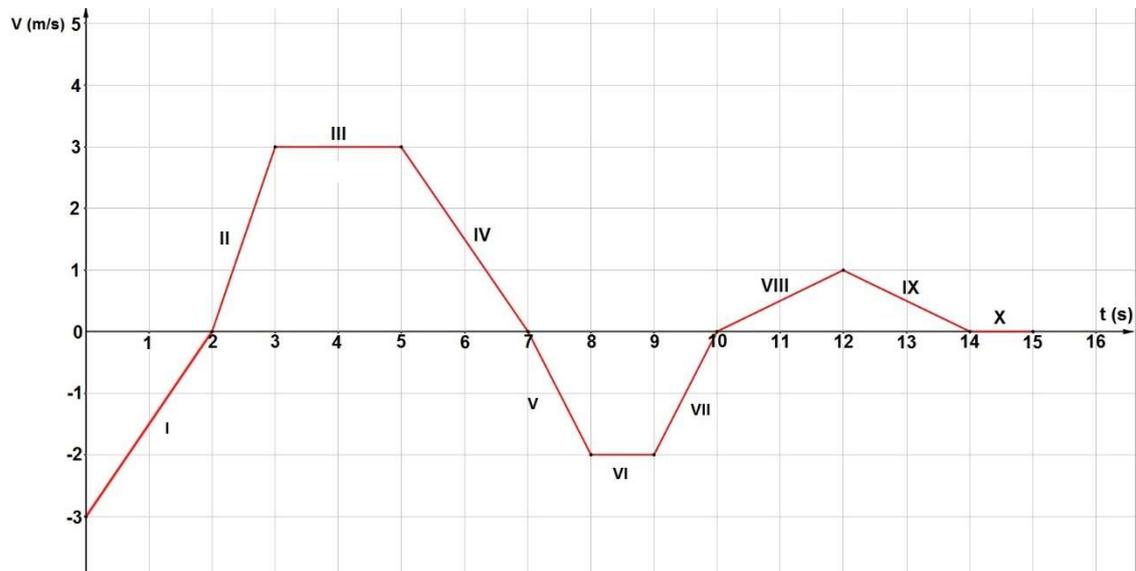
- B.**
- ```
robot (30°, 90°, -3cm)
tool (1)
robot (30°, 90°, 0cm)
robot (90°, 30°, -3cm)
tool (0)
robot (0°, 0°, 0cm)
```

- C.**
- ```
robot (60°, 60°, 0cm)
robot (60°, 60°, 2cm)
tool (1)
robot (60°, 60°, 0cm)
robot (150°, 60°, 0cm)
robot (150°, 60°, 2cm)
tool (0)
robot (150°, 60°, 0cm)
robot (0°, 0°, 0cm)
```

- D.**
- ```
robot (30°, 90°, 0cm)
robot (30°, 90°, -3cm)
tool (1)
robot (30°, 90°, 0cm)
robot (150°, 60°, 0cm)
robot (150°, 60°, -3cm)
tool (0)
robot (150°, 60°, 0cm)
robot (0°, 0°, 0cm)
```

- E.**
- ```
tool (1)
robot (60°, 30°, 0cm)
robot (30°, 60°, -1cm)
tool (0)
robot (60°, 30°, 0cm)
robot (90°, 30°, 2cm)
tool (0)
robot (90°, 30°, 0cm)
robot (0°, 0°, 0cm)
```

2. Durante uma partida de futebol de robôs, os robôs estão constantemente se movimentando pelo campo, dispostos a partir de uma estratégia de formação que busca tomar a posse da bola e lançá-la em direção ao gol adversário. Um robô móvel com sistema de locomoção por rodas de um dos times em campo teve sua velocidade examinada durante um intervalo de tempo de 15 segundos. A figura a seguir mostra o gráfico da variação da velocidade do robô ao longo do tempo.



Após a análise do gráfico de movimento, determine, respectivamente:

- a distância total percorrida pelo robô durante os 15 segundos,
- a aceleração escalar média entre o intervalo de tempo de 7 e 8 segundos, e
- em quais intervalos de tempo o movimento do robô é retardado.

**A.** 24 m;  $1 \text{ m/s}^2$ ; IV, V, IX.

**B.** 15,8 m;  $-2 \text{ m/s}^2$ ; I, V, VI e VII.

**C.** 19,5 m;  $-2 \text{ m/s}^2$ ; I, IV, VII e IX.

**D.** 18 m;  $3 \text{ m/s}^2$ ; III, VI e X.

**E.** 19,5 m;  $1,5 \text{ m/s}^2$ ; I, II, VII e VIII.

3. Os robôs estão se tornando cada vez mais sofisticados. Se no futuro, um deles conseguir criar um outro robô igual a ele em 1 dia, que tenha a mesma capacidade de gerar outro robô idêntico em 1 dia, qual é o mínimo de dias necessários para o número de robôs ultrapassar 1 milhão?

**A.** 340 dias.

**B.** 20 dias.

**C.** 57 dias.

**D.** 130 dias.

**E.** 1 milhão de dias.

Considere o enunciado a seguir para as **Questões 4 e 5**.

Os humanoides são uma grande atração na RoboCup. Neste desafio, os robôs devem manter o equilíbrio e chutar a bola em direção ao gol.

Um robô humanoide se posiciona para chutar uma bola. A massa da bola é igual a 25% da massa do robô ( $m_R$ ). A bola está parada. Ao chutar, o motor do seu quadril se movimenta a 30 rotações por minuto (rpm) e executa um movimento circular com sua perna, fazendo seu pé acertar a bola em cheio. A bola rola por 2 metros, até parar novamente. Sabendo que a perna do robô não tem articulações intermediárias e mede 20 centímetros de comprimento, admita as seguintes hipóteses:

- O pé do robô e a bola são corpos indeformáveis;
- O pé do robô tem massa igual à da bola;
- A colisão entre o pé do robô e a bola é unidimensional, perfeitamente elástica e instantânea.

4. Calcule a força de atrito (em Newtons), exercida pelo contato entre a bola e o campo, que fez com que a bola parasse de rolar.

A.  $56,25 * m_R$  N

B.  $5 * \pi^2 * 10^{-3} * m_R$  N

C.  $112,5 * m_R$  N

D.  $\pi^2 * 10^{-2} * m_R$  N

E.  $2,5 * \pi^2 * 10^{-3} * m_R$  N

5. Se for necessário fazer essa mesma bola percorrer 5 metros nesse mesmo campo, que tipo de ajuste seria mais adequado?

A. Diminuir o comprimento das pernas do robô.

B. Aumentar a massa do robô,  $m_R$ .

C. Diminuir a massa dos pés do robô.

D. Aumentar a velocidade de rotação do motor do quadril do robô.

E. Aumentar o alcance do sistema de visão do robô.

6. Um robô é composto por vários componentes que podem apresentar funções semelhantes às de órgãos do corpo humano. Objetivando uma melhor qualidade de vida a pessoas que sofreram acidentes ou possuem doenças que comprometem as funções de seu organismo, a medicina tem buscado a substituição de órgãos humanos por máquinas e outros elementos. Acerca deste assunto, considere as seguintes afirmações:

- (I) O coração pode ser substituído por uma bomba hidráulica.
- (II) Um compressor de ar poderia auxiliar os pulmões no desempenho de sua função.
- (III) Juntas e articulações podem ser substituídas por engrenagens, eixos e rolamentos.
- (IV) Veias e artérias podem ser trocadas por correias e polias.
- (V) Os rins possuem função equivalente à de uma bateria.

Estão corretas as afirmações:

A. III, IV e V.

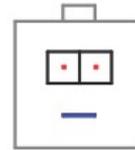
B. I, II e III.

C. II, III e V.

D. I, IV e V.

E. II e IV.

7. Em um aplicativo de desenhos, um usuário desenvolveu um código para realizar automaticamente a ilustração ao lado:

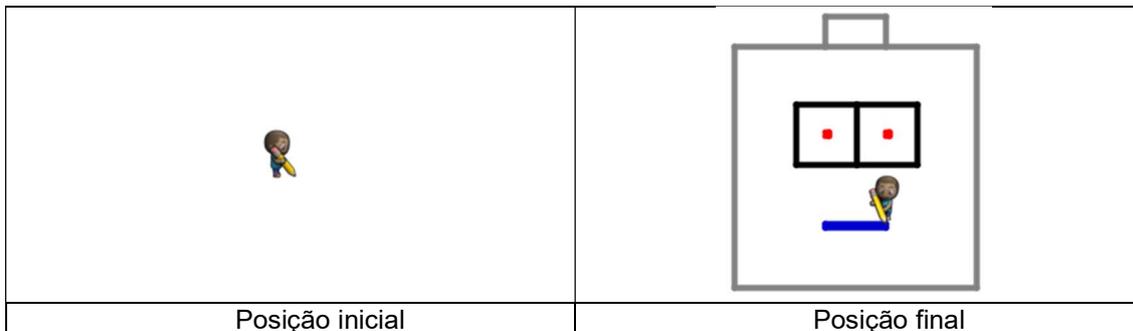


```

when run
 repeat 4 times
 do
 move forward by 50 pixels
 turn left by 90 degrees
 repeat 3 times
 do
 move backward by 50 pixels
 turn right by 90 degrees
 jump backward by 26 pixels
 turn right by 90 degrees
 jump forward by 24 pixels
 set color red
 repeat 3 times
 do
 move forward by 3 pixels
 turn left by 90 degrees
 turn right by 90 degrees
 jump forward by 50 pixels
 ①
 jump backward by 74 pixels
 set color blue
 repeat 2 times
 do
 move backward by 25 pixels
 turn left by 90 degrees
 move forward by 50 pixels
 turn left by 90 degrees
 turn right by 90 degrees
 move forward by 75 pixels
 repeat 3 times
 do
 turn left by 90 degrees
 move forward by 200 pixels
 turn left by 90 degrees
 ②
 jump forward by 150 pixels
 set color blue
 repeat 2 times
 do
 turn right by 90 degrees
 move forward by 50 pixels
 turn right by 90 degrees
 move forward by 3 pixels

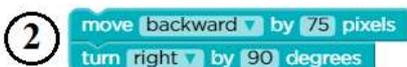
```

Considere as posições inicial e final do “desenhista” no aplicativo e a descrição dos comandos a seguir.



| Comandos | Descrição                                          |
|----------|----------------------------------------------------|
| move     | Movimenta o desenhista enquanto ele riscar o papel |
| jump     | Movimenta o desenhista sem riscar o papel          |
| turn     | Gira o desenhista sem riscar o papel               |
| repeat   | Repete uma sequência de comandos                   |

Identifique as seqüências de comandos ① e ② que estão faltando no código para realizar a tarefa.

- A. ①  ② 
- B. ①  ② 
- C. ①  ② 
- D. ①  ② 
- E. ①  ② 

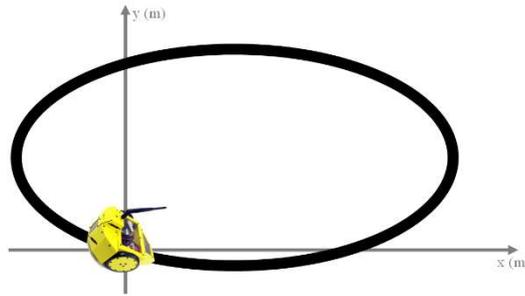
8. "Isaac Asimov ushered in the Robot Age with these stories. Far removed from the metal monsters of pulp science fiction, his positronic robots gave him the scope to examine the minefield of human psychology by exploring the possibilities of artificial intelligence. When Earth is ruled by master-machines, when robots often seem more human than people, the Three Laws of Robotics ensure that mankind remains superior and the robots are kept in their rightful place. But an insane telepathic robot is produced by an error; a robot assembled in space logically deduces its superiority to non-rational humanity; and when machines serve mankind rather than individual humans, a machine's idea of what is good for society may itself contravene the sacred Three Laws."  
(From: I, robot. Voyager Classics, 2001)

Esse texto foi retirado da "orelha" do livro "I, robot" de Isaac Asimov, reimpresso em 2001 pela coleção Voyager Classics que vem celebrar grandes trabalhos na área de ficção científica. Assim o editor traz nesse texto a ideia principal do livro, que seria:

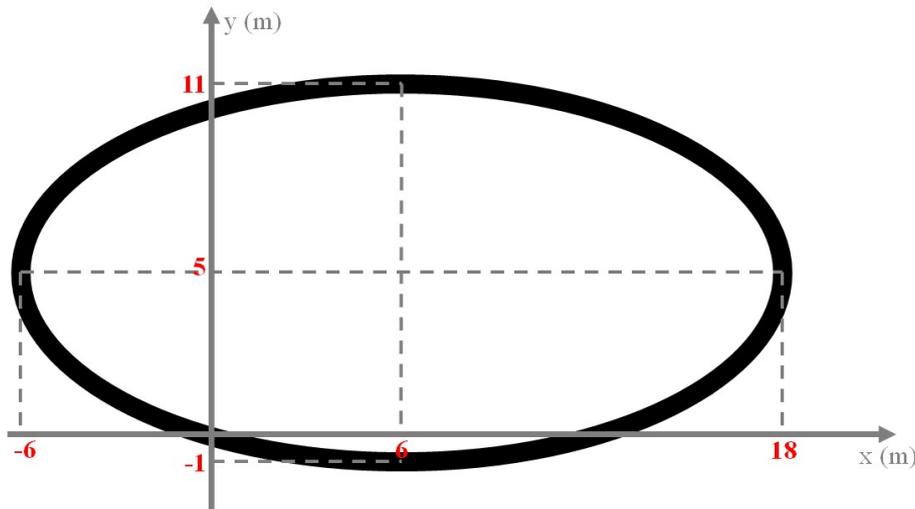
- A. A obra de Isaac Asimov retrata os robôs como monstros de metal com poderes telepáticos. Esses robôs são exilados no espaço quando se percebem incapazes de seguir as Três Leis para proteger a humanidade.
- B. Nesta obra, Isaac Asimov explora as possibilidades da inteligência artificial ao criar um robô que é capaz de identificar-se superior aos humanos e que passa a rever a ideia do que é bom para a humanidade como um todo.
- C. Neste livro, robôs humanoides perfeitos se confundem com as pessoas de verdade e passam a desrespeitar as Três Leis da Robótica por meio de ações telepáticas insanas.
- D. Isaac Asimov cria, neste livro, um planeta gerenciado por máquinas. Nesse mundo, as Três Leis da Robótica não são mais suficientes para regulamentar a ação dos robôs telepáticos fabricados por engano, enquanto os humanos tornam-se cada vez mais irracionais.
- E. Nessa obra, Isaac Asimov faz uma crítica direta ao regime de trabalho organizacional. Os robôs descritos são mantidos em seu lugar de direito por meio das Três Leis da Robótica, servindo cada humano, recebendo ordens telepaticamente e trabalhando pelo bem de toda a humanidade.

Considere o enunciado a seguir para as **Questões 9 e 10**.

Um robô móvel de duas rodas deve seguir uma trajetória elíptica como na figura a seguir.



9. Considerando as dimensões do caminho representadas a seguir, qual equação descreve essa trajetória elíptica no plano cartesiano definido pela posição inicial do robô?



A.  $y^2 - 40y = -x^2 + 12x + 83$

D.  $y^2 - 36y = x^2 + 12x + 144$

B.  $\frac{x^2}{144} + \frac{y^2}{36} = 1$

E.  $\frac{x^2}{18} + \frac{y^2}{11} = 83$

C.  $y = \sqrt{-\frac{x^2}{4} + 36}$

10. Suponha que o robô será submetido a um teste de rodagem durante 12h. Considerando que seus pneus se desgastam proporcionalmente à distância percorrida, espera-se que:

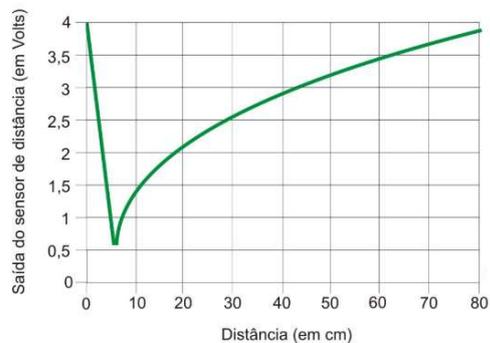
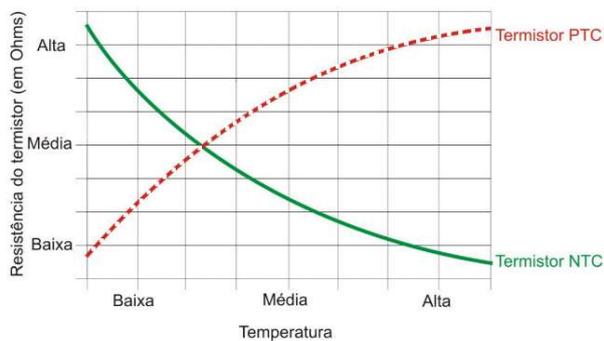
- A. O pneu do lado esquerdo se desgaste mais do que o pneu do lado direito se o robô percorrer a pista no sentido anti-horário.
- B. O pneu do lado direito se desgaste mais do que o pneu do lado esquerdo se o robô percorrer a pista no sentido horário.
- C. O pneu do lado direito se desgaste mais do que o pneu do lado esquerdo em qualquer sentido que o robô percorra a pista.
- D. Ambos os pneus, do lado direito e do lado esquerdo, se desgastem igualmente, uma vez que percorrerão a mesma distância em qualquer sentido.
- E. O pneu do lado esquerdo se desgaste mais do que o pneu do lado direito se o robô percorrer a pista no sentido horário.

11. Leia os textos e identifique a alternativa que contém os gráficos que representam o comportamento descrito.

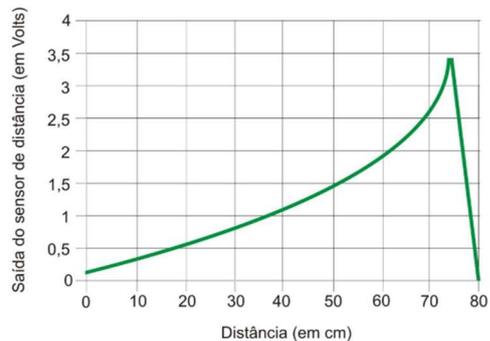
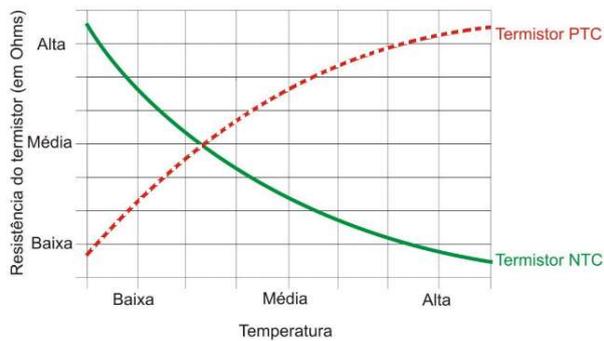
“Um modelo de sensor resistivo muito comum é o termistor, um componente destinado a medir variações de temperatura. Existem dois tipos de termistores, NTC e PTC. Os termistores NTC (Negative Temperature Coefficient – Coeficiente de Temperatura Negativo) são assim denominados pois a resistência elétrica desses componentes diminui quando a temperatura aumenta, ou seja, eles possuem um coeficiente de temperatura negativo. Os termistores PTC, por outro lado, apresentam coeficiente de temperatura positivo.”

“Existem vários modelos de sensores de distância disponíveis no mercado, baseados em radar, ultrassom, laser ou infravermelho. O sensor de distância óptico GP2Y0A21YK é baseado em infravermelho. Ele reúne em um único componente todas as funções necessárias para um sensor de distância, como emissor de infravermelho, vetor de fotodiodos e módulo de processamento. Quando alimentado corretamente, o módulo de processamento do sensor gera um sinal de saída cuja tensão varia de acordo com a distância do objeto. Objetos a uma distância de 5 a 80 cm do sensor podem ser facilmente identificados. Quando a distância entre o sensor e o objeto se mantiver estável, a tensão de saída do sensor será constante, correspondente à distância do objeto. Observe que quanto maior a distância do objeto, menor será a tensão no terminal de saída do sensor. Para distâncias acima de 80 cm, o sensor já não responde bem, pois a variação da tensão torna-se cada vez menor. Para distâncias menores que 5 cm, o sensor também não é recomendado, pois o sinal de saída do sensor não corresponde à distância real do objeto.”

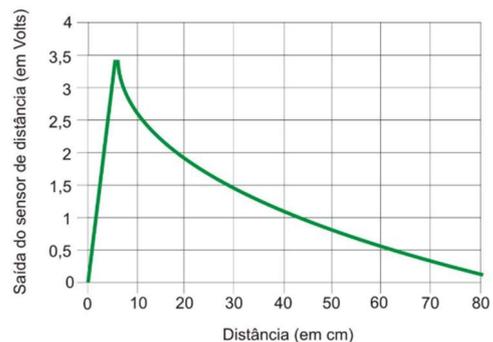
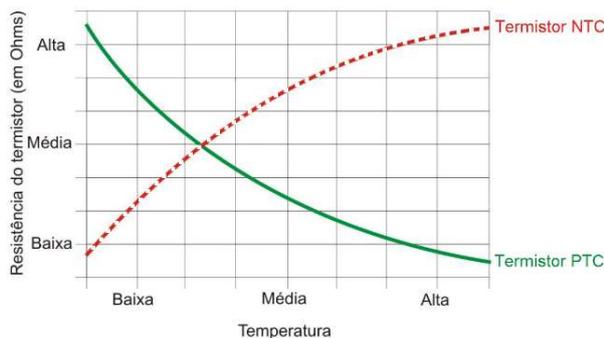
A.



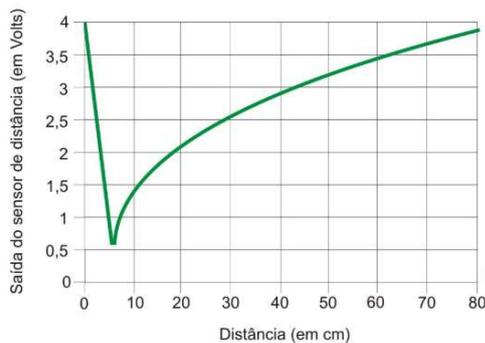
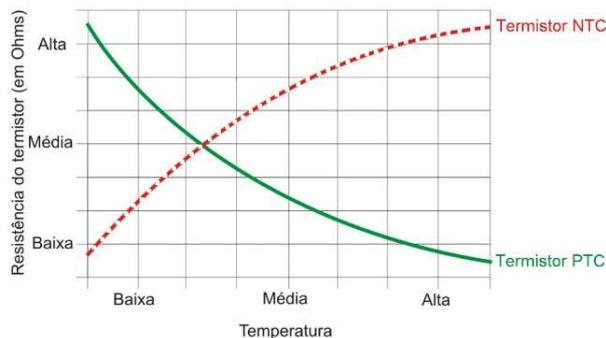
B.



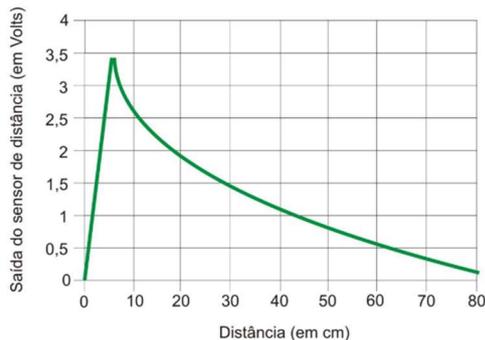
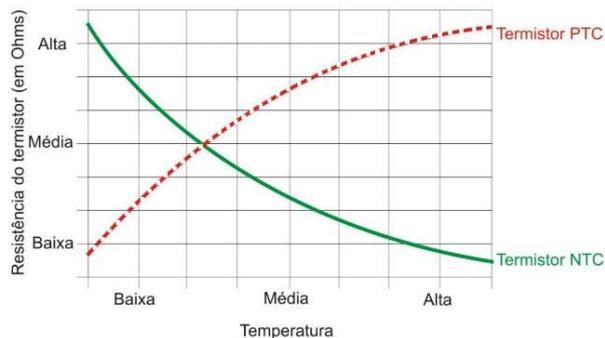
C.



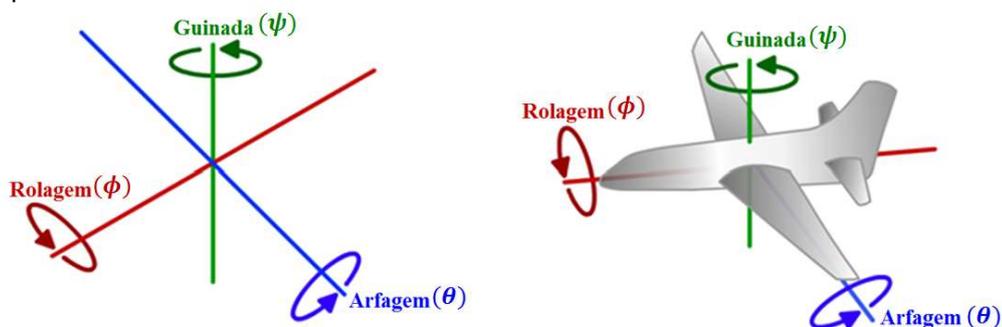
D.



E.



12. Veículos aéreos não-tripulados, ou VANTs, são equipados com um conjunto de sensores que identificam seu estado em vários aspectos. Uma unidade de medida inercial, ou IMU, pode fornecer os dados provenientes de acelerômetros, giroscópios e magnetômetros nas três dimensões. Observe o eixo cartesiano alocado no VANT de asa fixa da figura a seguir e a identificação dos ângulos de rolagem, arfagem e guinada que fornecem a orientação espacial do VANT.

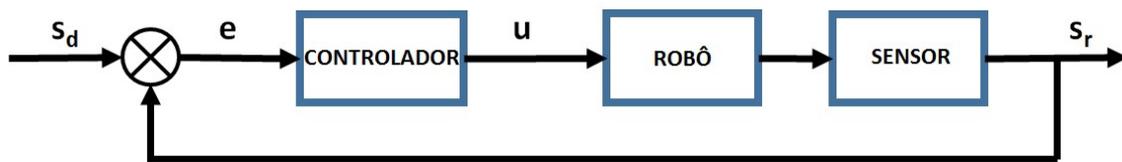


Considere que a atitude inicial do robô, já no ar, é  $(\phi, \theta, \psi) = (0^\circ; 0^\circ; 0^\circ)$ . Após um comando do operador, em um intervalo de 5 segundos, a IMU indicou o seguinte conjunto de dados:  $(\phi, \theta, \psi) = (10^\circ; 40^\circ; 20^\circ)$ . Qual foi a velocidade média de rotação em cada eixo?

- A.  $(\omega_\phi, \omega_\theta, \omega_\psi) = (0,035; 0,14; 0,07)$  rad/s
- B.  $(\omega_\phi, \omega_\theta, \omega_\psi) = (2; 8; 4)$  rad/s
- C.  $(\omega_\phi, \omega_\theta, \omega_\psi) = (573; 2293; 1146)$  rad/s
- D.  $(\omega_\phi, \omega_\theta, \omega_\psi) = (10; 40; 20)$  °/s
- E.  $(\omega_\phi, \omega_\theta, \omega_\psi) = (50; 200; 100)$  °/s

Considere o enunciado a seguir para as **Questões 13, 14 e 15**.

Observe o diagrama abaixo:



Nesse sistema, um controlador utiliza os dados provenientes de um sensor para auxiliar na tomada de decisão da atitude de um robô durante a realização de uma tarefa, por exemplo o acompanhamento de uma trajetória pré-definida. A cada instante ( $t_i$ ), podemos calcular o erro de acompanhamento de trajetória fazendo

$$e_i = s_{d_i} - s_{r_i},$$

tal que  $s_{d_i}$  é a posição desejada do robô no instante  $t_i$  e  $s_{r_i}$  é a posição real do robô no instante  $t_i$ . O objetivo do controlador é enviar ao robô um sinal para que ele ajuste sua trajetória e, conseqüentemente, anule o erro de acompanhamento. Existem diversas estratégias de controle. Um dos controladores mais utilizados em robótica, e também na indústria, é o chamado controlador PID. A ação do controlador PID pode ser aproximada pela seguinte função:

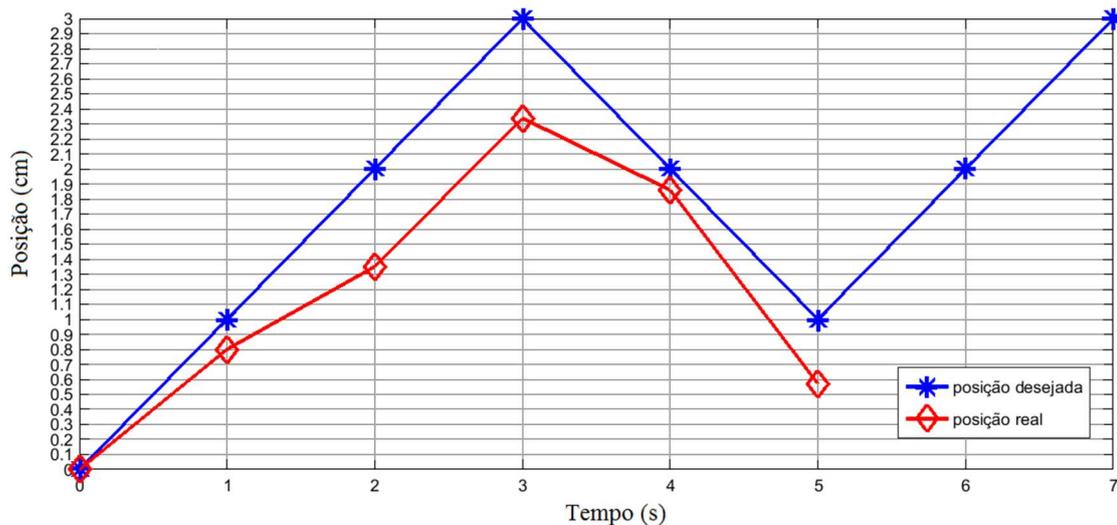
$$u_i = P_i + I_i + D_i$$

sendo a primeira parcela, denominada proporcional, dada por  $P_i = K_p * e_i$ ;

a segunda parcela, denominada integral, dada por  $I_i = K_I * \sum_{j=0}^i e_j$ ;

e a terceira parcela, denominada derivativa, dada por  $D_i = K_D * (e_i - e_{i-1})$ .

Considere o gráfico abaixo representando os dados da posição desejada do robô a cada instante e os dados de posição real do robô a cada instante:



**13.** Definindo  $K_p = 2$ ,  $K_I = 0,5$  e  $K_D = 3$ , no instante  $t_5 = 5s$ , qual o valor da ação de controle  $u_5$ ?

- A.  $u_5 \cong 0,58$
- B.  $u_5 \cong -0,46$
- C.  $u_5 \cong -1,6$
- D.  $u_5 \cong 2,6$
- E.  $u_5 \cong 0$

14. Sabendo que a resposta do robô ilustrada no gráfico pode ser modelada por  $s_{r_{i+1}} = 0,5 * u_i + 0,8$ , o robô terá alcançado:

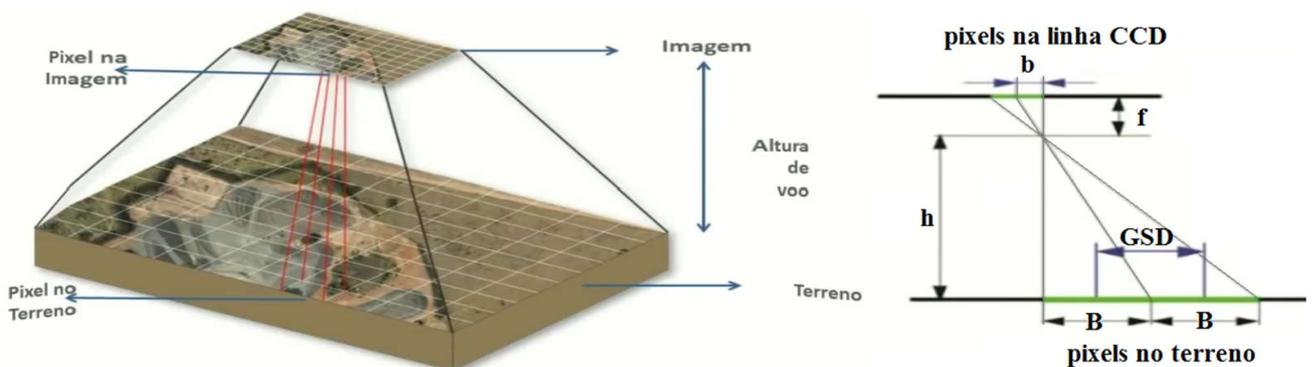
- A. a posição desejada,  $s_{r_6} = s_{d_6}$ , no instante  $t_6 = 6$  .
- B. erro de acompanhamento de trajetória nulo no instante  $t_3 = 3s$ .
- C. erro de acompanhamento de trajetória  $e_6 \cong 0,1cm$  no instante  $t_6 = 6s$ .
- D. a posição  $s_{r_6} \cong 0,6 cm$ , no instante  $t_6 = 6s$ .
- E. a posição  $s_{r_6} \cong 1,4 cm$ , no instante  $t_6 = 6s$ .

15. Sobre o modo de atuação do controlador PID, com base na função fornecida no enunciado, complete o texto abaixo com os termos na ordem correta:

A ação de controle definida pelo PID é determinada por \_\_\_\_\_ parcelas. A parcela relacionada ao termo \_\_\_\_\_ traz uma ação \_\_\_\_\_ proporcional ao \_\_\_\_\_ instantâneo. A parcela relacionada ao termo derivativo promove uma ação de controle relacionada à \_\_\_\_\_ do erro entre um instante e outro. A parcela relacionada ao termo \_\_\_\_\_ utiliza a \_\_\_\_\_ dos valores de erro de \_\_\_\_\_ da realização da tarefa.

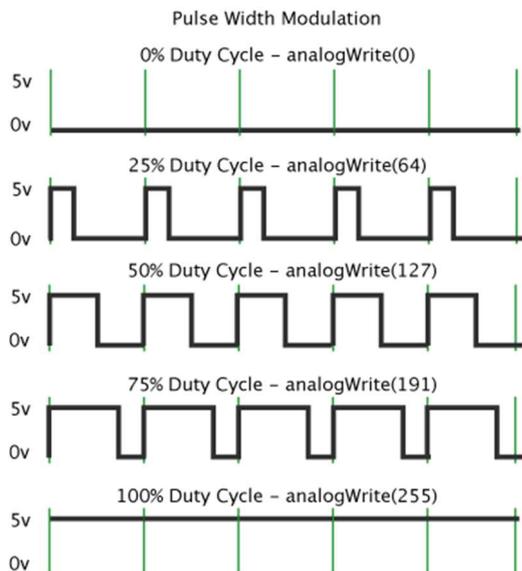
- A. três; integral; inversamente; erro; diferença; proporcional; variação; todos os instantes.
- B. três; proporcional; diretamente; erro; variação; integral; adição; todos os instantes.
- C. três; proporcional; inversamente; erro; diferença; integral; adição; um único instante.
- D. três; proporcional; diretamente; erro; adição; integral; variação; um único instante.
- E. três; integral; diretamente; erro; variação; proporcional; adição; todos os instantes.

16. Um drone será empregado para realizar o mapeamento topográfico de uma fazenda. O cliente solicitou uma precisão mínima de 10 cm nas medidas, ou seja, **GSD = 10cm** ("Ground Sample Distance"). A aeronave é equipada com uma câmera com sensor CCD de dimensões 20,4 mm x 13,6 mm, capaz de produzir uma imagem de 5100 pixels x 3400 pixels. O conjunto de lentes da câmera é caracterizado por uma distância focal **f = 18 mm**. Considerando as imagens a seguir, determine a máxima altura **h** de voo do drone para alcançar a precisão desejada pelo cliente no mapeamento.



- A.  $h = 72 m$
- B.  $h = 220 m$
- C.  $h = 882 m$
- D.  $h = 133 m$
- E.  $h = 450 m$

17. Observe as formas de onda a seguir e responda.



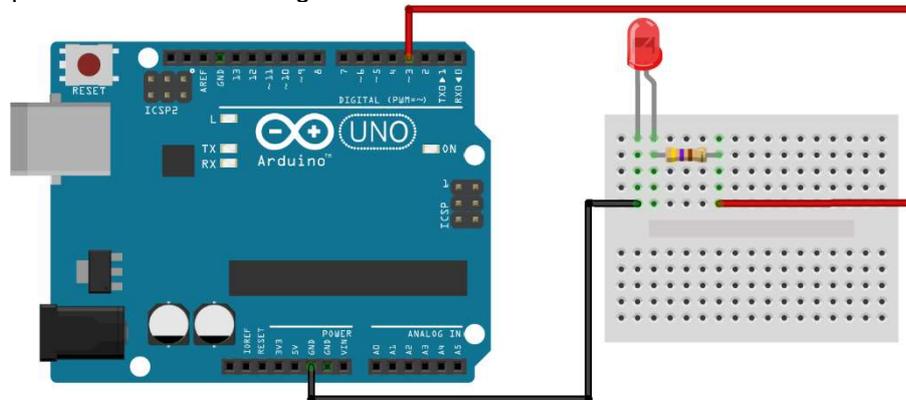
A modulação por largura de pulso (MLP) ou também conhecida como PWM (sigla em inglês para *Pulse-Width Modulation*), envolve a modulação de sua razão cíclica (*duty cycle*) para transportar qualquer informação sobre um canal de comunicação ou controlar o valor da alimentação entregue à carga.

Este mecanismo é altamente utilizado, atuando em locais como transferência de potência, regulação de tensão, efeitos de áudio, controle de velocidade de motores, controle de luminosidade, dentre outras.

Se a frequência da onda modulada for de 4Hz, qual a largura do pulso de um sinal PWM com *duty cycle* de 75%?

- A. 250 ms      B. 3 s      C. 750 ms      D. 187,5 ms      E. 62,5 ms

18. Um diodo emissor de luz (LED) foi conectado a uma plataforma de prototipagem eletrônica por meio do pino 3, conforme o diagrama abaixo. Esse pino pode ser configurado para assumir estados discretos digitais (ligado ou desligado) ou configurado para gerar um sinal do tipo de modulação por largura de pulso (PWM), que pode ser usado para aproximar um sinal analógico.



Usando apenas recursos de programação da plataforma mostrada na figura, é possível controlar a intensidade de iluminação do LED?

- A. Não. Uma saída digital só permite os estados ligado ou desligado.
- B. Sim. A luminosidade pode ser controlada por software ao determinar parâmetros do sinal PWM gerado no pino 3.
- C. Sim. A intensidade de iluminação pode ser controlada por software utilizando a configuração digital de saída do pino 3 para assumir um dos seus estados discretos.
- D. Sim. A luminosidade pode ser controlada por hardware ao conectar e desconectar o fio no pino GND em intervalos de 0,5s.
- E. Não. A intensidade luminosa do LED só poderá ser controlada ao substituir o resistor por um potenciômetro.

