



18ª OBA – PROVA DO NÍVEL 4 - 2015 -

Veja o gabarito em nossa home page www.oba.org.br

Nota de Astronomia: _____ Nota de Astronáutica: _____ **Nota Final:** _____
Observação: A Nota Final é a soma das notas de Astronomia e de Astronáutica. Visto do(a) Prof(a): _____

Dados do(a) aluno(a) (use somente letras de fôrma):

Nome completo: Sexo:

Endereço: nº:

Bairro: CEP: _____ - _____ Cidade: Estado: ____

Tel. (____) _____ - _____ E-mail: Data de Nascimento ____/____/____
(obrigatório usar letra de fôrma)

Série/ano que está cursando: Quantas vezes você já participou da OBA?

Declaro que estou realizando esta prova em 15 de maio de 2015.

Prova fora desta data é ilegal e se constitui em fraude, punível na forma da Lei. Assinatura do aluno

Dados da escola onde o(a) aluno(a) estuda:

Nome da escola:

Endereço: nº:

Bairro: CEP: _____ - _____ Cidade: Estado: ____

OBSERVAÇÕES IMPORTANTES. Esta prova só pode ser realizada dia **15/5/15**, pois em outro dia é ilegal. Ela pode ser feita no horário que a escola escolher, e pode durar **até 4 horas**. Além disso, não é permitido nenhum tipo de consulta a colegas, professores, material impresso ou eletrônico. Também não pode usar nenhum tipo de calculadora.

BOA OLIMPÍADA!

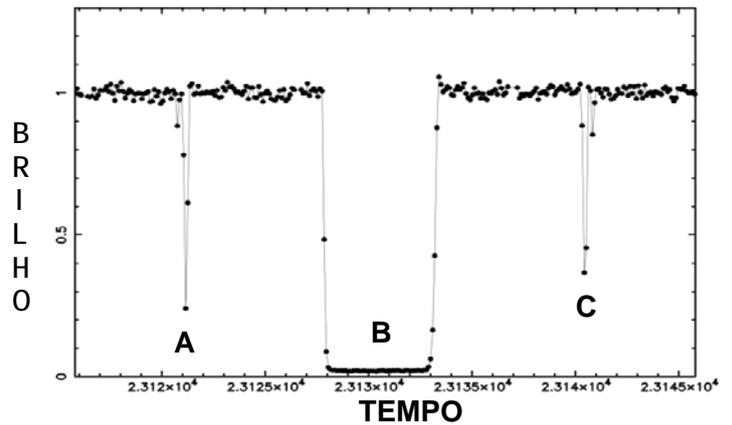
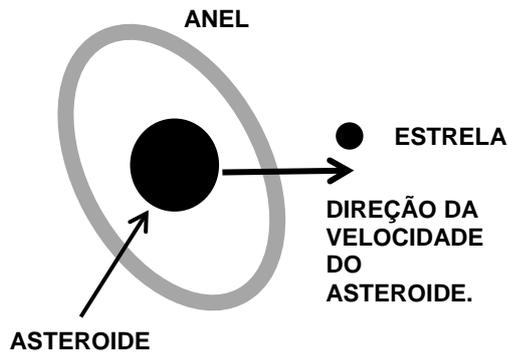
Questão 1) (1 ponto) Em 2014, Felipe Braga Ribas, jovem astrônomo do Observatório Nacional, com a colaboração de vários outros astrônomos, descobriu o primeiro asteroide com anéis, Chariklo. O Chariklo move-se a 20 km/h e está entre as órbitas de Saturno e Urano. Chariklo passou na frente de uma estrela, conforme ilustra, esquematicamente, a figura abaixo à esquerda, e isso permitiu descobrir que ele tem anel, qual o tamanho e o raio do anel, bem com o tamanho do asteroide etc.

A figura abaixo à direita mostra o brilho da estrela ocultada por Chariklo. Note que ela tinha um brilho constante, mas no instante **A** seu brilho caiu para quase zero, no instante **B** seu brilho foi para zero e no instante **C** seu brilho caiu quase pela metade, depois ficou constante novamente.

Pergunta 1a) (0,5 ponto) Escreva a letra **A** onde estava, aproximadamente, a estrela sobre o anel (ou sobre o asteroide) da figura abaixo à esquerda quando ela foi ocultada no instante **A**.

1a) - Nota obtida: _____

Pergunta 1b) (0,25 cada acerto) Escreva as letras **B** e **C** onde estava, aproximadamente, a estrela sobre o anel (ou sobre o asteroide) da figura abaixo à esquerda quando ela foi ocultada nos instante **B** e **C**.



1b) - Nota obtida: _____

Questão 2) (1 ponto) Um habitante dos trópicos na Terra viu a Lua no poente ao escurecer com o formato de lâmina, de uma foice iluminada. Veja a figura ao lado.

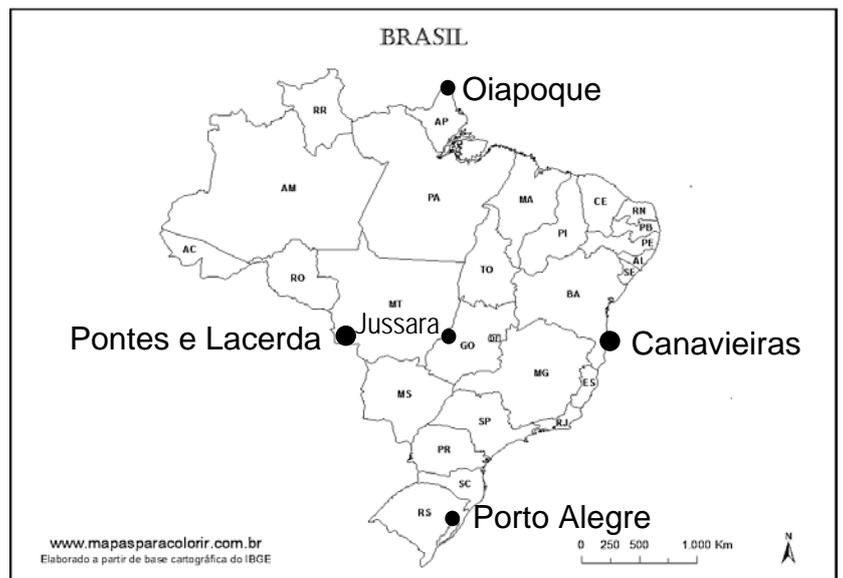
Pergunta 2) Assinale a alternativa abaixo que indica entre quais fases estava a Lua neste dia.

- () Entre Quarto Crescente e Lua Cheia.
- () Entre Lua Cheia e Quarto Minguante.
- () Entre Lua Nova e Quarto Crescente.
- () Entre Quarto Minguante e Lua Nova.



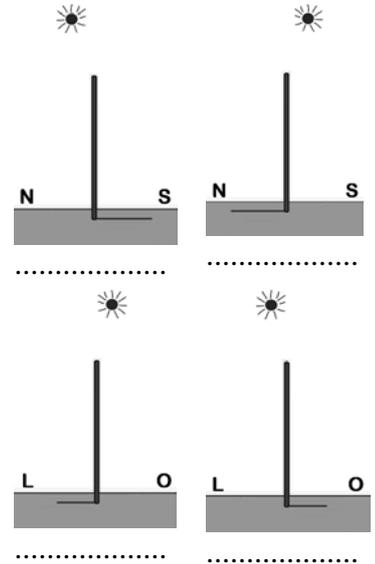
2) - Nota obtida: _____

Questão 3) (1 ponto) A equipe da OBA realizou o 4º Encontro Regional de Ensino de Astronomia, 4º EREA, em Porto Alegre, RS, e o 53º EREA no Oiapoque, AP. Coincidentemente estas cidades estão sobre o mesmo meridiano, pois a longitude de ambas é de 51º a Oeste de Greenwich. A latitude de Porto Alegre é de -30º (o sinal “-” significa no Hemisfério Sul) e a latitude de Oiapoque é de +3º (o sinal “+” significa que está no Hemisfério Norte). A cidade de Jussara, GO, está no mesmo meridiano, pois sua longitude também é de 51º, Oeste, porém está, aproximadamente, à mesma distância do Oiapoque e de Porto Alegre, pois sua latitude é de -16º. No mapa do Brasil indicamos a localização aproximada das três cidades.



Pergunta 3) (0,25 cada acerto) Suponha que num certo dia o Sol esteja a pino na cidade de Jussara, GO. Isto ocorre no meio dia solar verdadeiro. Um aluno ou um poste em Jussara não teria sombra neste instante. Além disso, coincidentemente, as cidades de Canavieiras, BA, e Pontes e Lacerda, MT, estão na mesma latitude de Jussara, aproximadamente equidistantes de Jussara e a aproximadamente metade da distância entre Jussara e Oiapoque. Os desenhos ao lado representam um poste e sua sombra nas cidades: Pontes e Lacerda (MT), Canavieiras (BA), Oiapoque (AP) e Porto Alegre (RS) no mesmo instante no qual o poste não tem sombra em Jussara. Escreva abaixo de cada desenho o nome da respectiva cidade.

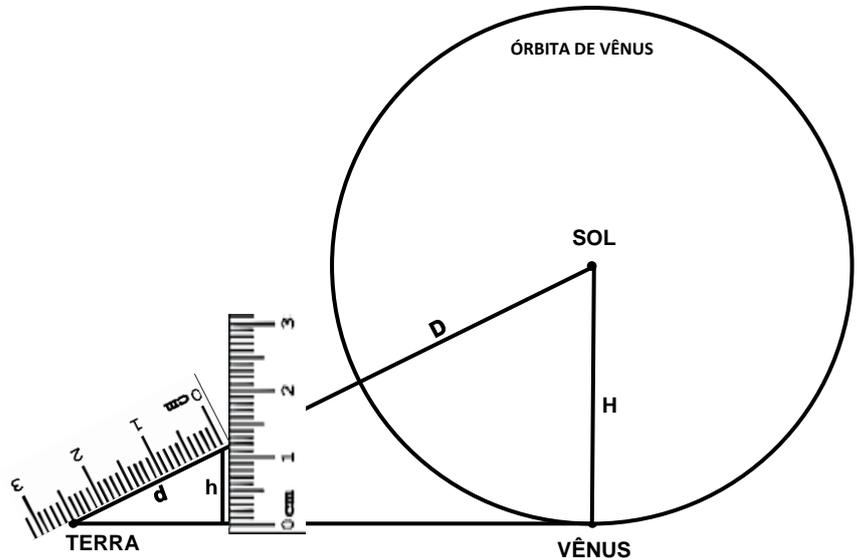
Dado: N = Norte, S = Sul, L = Leste e O = Oeste.



3) - Nota obtida: _____

Questão 4) (1 ponto) Observando o planeta Vênus, diariamente, vemos que ele atravessa a linha imaginária Terra-Sol e vai se afastando até um valor máximo, que chamamos de **elongação máxima**. Depois ele volta, aparentemente, a se aproximar do Sol, passa atrás do Sol, reaparece e vai se afastando dele até o mesmo afastamento máximo já observado do outro lado. A figura ilustra o afastamento máximo num dos lados. Copérnico não sabia a distância entre a Terra e o Sol, por isso ele a chamou de $D = 1$ U.A. (uma Unidade Astronômica), mas ele sabia geometria elementar, ou seja, ele sabia que:

$$\frac{h}{d} = \frac{H}{D}$$



Pergunta 4a) (0,5 ponto) Determine, tal como fez Copérnico, a distância (H) entre Vênus e o Sol, em Unidades Astronômicas. Observação: o triângulo pequeno pode ser de qualquer tamanho, desde que semelhante ao grande. Colocamos réguas para você medir d e h, mas você pode usar a sua se preferir, porém não misture as réguas! *Abaixo tem espaço para suas contas.*

Resolução 4a):

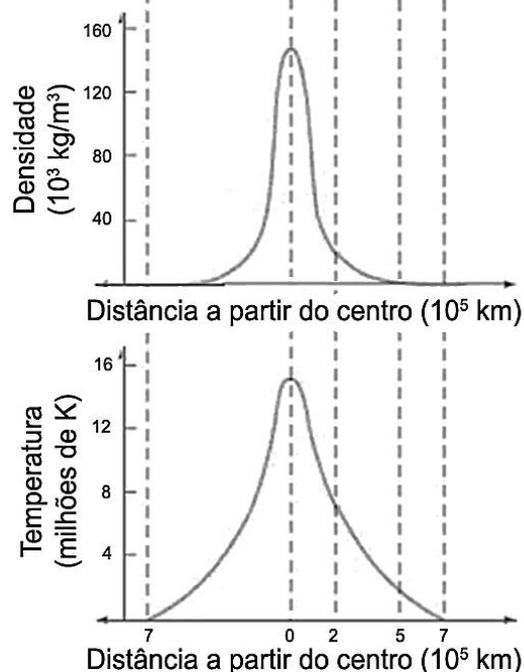
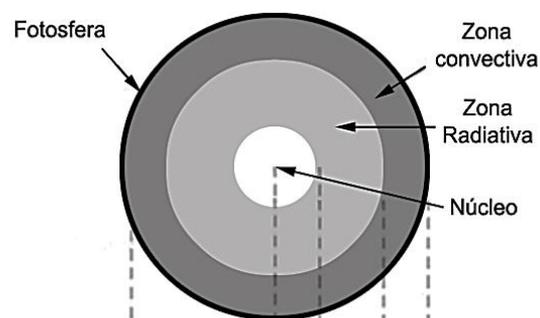
Resposta 4a)

4a) - Nota obtida: _____

Pergunta 4b) (0,5 ponto) Coloque um **X** sobre a órbita de Vênus, onde ele estará em sua máxima elongação, do lado oposto ao que está no desenho. Suponha Terra e Sol no mesmo local do item anterior.

4b) - Nota obtida: _____

Questão 5) (1 ponto) A figura ao lado representa um corte através do meio do Sol. O gráfico do meio traz a densidade e o de baixo a temperatura do Sol em função da distância ao seu centro, de acordo com o modelo solar padrão. Analisando os gráficos, avalie as seguintes afirmativas:



- 1) A Zona Radiativa, por ser mais espessa, concentra quase toda a massa do Sol.
- 2) A massa do Sol está uniformemente distribuída em seu interior
- 3) Entre 200.000 km e 500.000 km do centro, a temperatura do interior do Sol decresce cerca de 5 milhões de Kelvin.
- 4) Segundo o modelo solar padrão, a temperatura do núcleo do Sol não chega a 16 milhões de Kelvin.

Pergunta 5) Assinale a única alternativa abaixo que está correta.

- () As afirmativas 1 e 3 estão corretas
- () As afirmativas 2 e 4 estão corretas
- () As afirmativas 3 e 4 estão corretas
- () Somente a afirmativa 4 está correta

5) - Nota obtida: _____

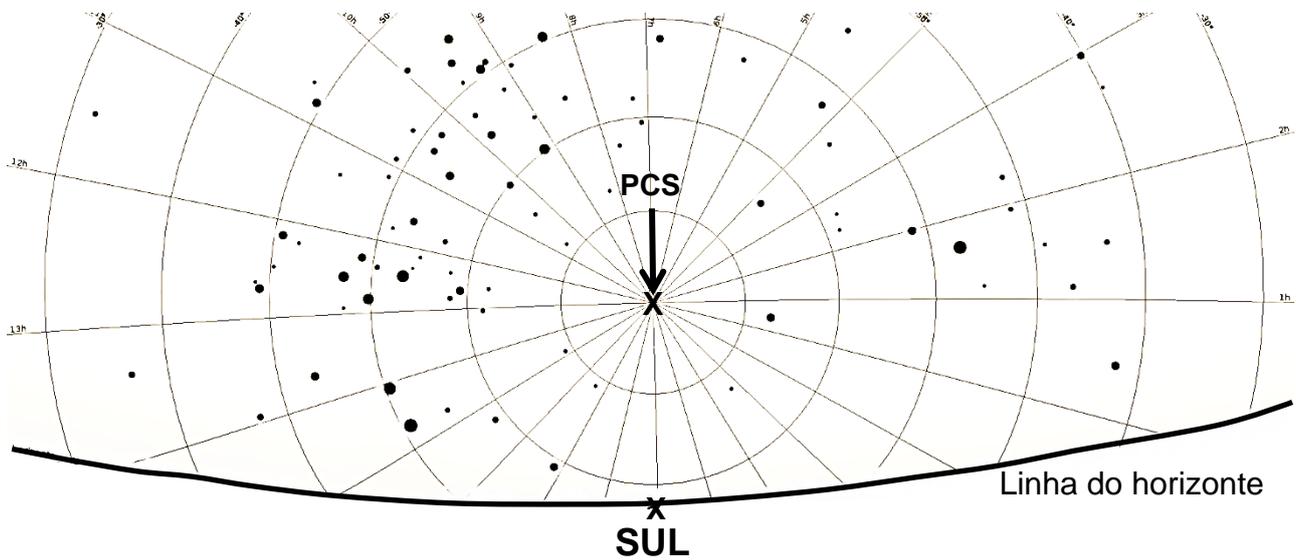
Questão 6) (1 ponto) A figura abaixo mostra uma parte do céu ao redor do Polo Celeste Sul (PCS), conforme visto da cidade do Rio de Janeiro dia 09/03/15 às 19h30min. Sobre a Terra temos os meridianos e os paralelos. Envolvendo a Terra temos uma esfera imaginária chamada Esfera Celeste. Sobre ela também temos meridianos celestes e paralelos. Os eixos de rotação da Terra e da Esfera Celeste são coincidentes. O centro da figura abaixo é o PCS (local onde o eixo de rotação da Terra, se prolongado, “furaria” a Esfera Celeste). As linhas “radiais” são partes dos meridianos celestes indo do PCS para o Polo Celeste Norte (PCN) (não visível na figura). As linhas circulares são alguns dos círculos paralelos ao Equador Celeste. A distância entre o PCS e a direção cardinal Sul é proporcional à latitude do local, o Rio de Janeiro, neste caso, cuja latitude é de -23°.

Pergunta 6a) (0,5 ponto) Desenhe sobre a figura abaixo, o Cruzeiro do Sul, onde ele estará 12 horas mais tarde.

6a) - Nota obtida: _____

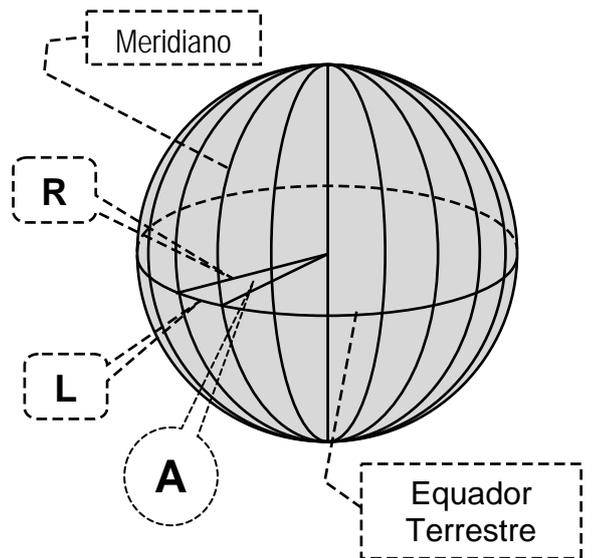
Pergunta 6b) (0,5 ponto) Desenhe um Y sobre a figura abaixo, onde estaria o PCS caso se esteja observando esta mesma região do céu, no mesmo dia e hora, porém de Macapá, cuja latitude é de zero grau.

6b) - Nota obtida: _____



Questão 7) (1 ponto) A figura à direita ilustra o globo terrestre com alguns dos seus **24** meridianos. **R** é o raio da Terra, aproximadamente **6.000 km**. **A** é o ângulo com vértice no centro da Terra e indo até dois meridianos consecutivos. **L** é o arco entre dois meridianos consecutivos medido sobre o Equador terrestre, como mostra a figura à direita. A superfície delimitada por dois meridianos consecutivos compreende um **fuso horário**.

Pergunta 7a) (0,3 ponto) Quanto tempo o Sol gasta para passar a pino de um meridiano a outro?
Resolução 7a)



Resposta 7a):..... **7a) - Nota obtida:** _____

Pergunta 7b) (0,3 ponto) Quantos graus compreende o ângulo **A**?
Resolução 7b):

Resposta 7b):..... **7b) - Nota obtida:** _____

Pergunta 7c) (0,4 ponto) Qual é o comprimento, em **km**, do arco **L**, já definido? Dado: A relação entre **R**, **L** e **A** é: $A = L/R$, mas **A** deve estar em radianos. Dado também: **π radianos equivale a 180°** . Use $\pi = 3$. Comprimento do círculo: $2 \pi R$. Use o que precisar.
Resolução 7c):

Resposta 7c):..... **7c) - Nota obtida:** _____

AQUI COMEÇAM AS QUESTÕES DE ASTRONÁUTICA

Questão 8) (1 ponto) Foguetes são utilizados para levar cargas ou pessoas ao espaço. Por simplicidade, trataremos apenas do envio de cargas ao espaço e representaremos o foguete como sendo composto de três partes: coifa, empenas e motor-foguete. A coifa é representada por um triângulo escuro, sendo utilizada para proteger a carga durante o voo ascendente na atmosfera terrestre. As empenas, localizadas na parte inferior do foguete, são pequenas “asas” utilizadas para dar estabilidade ao foguete durante o voo. No entanto, mais de 80% da massa de um foguete é propelente (combustível e oxidante). Em geral, o propelente é distribuído em um ou mais motores, pelas razões que serão explicadas a seguir.

Há mais de um século o russo Konstantin Tsiolkovsky demonstrou que o ganho de velocidade obtido pela queima do propelente de cada motor de um foguete é dado pela famosa equação conhecida como “equação do foguete,” (dada ao lado) onde “ \ln ” é a função logaritmo neperiano, ou logaritmo natural, cujos valores são dados na tabela ao lado para diferentes valores de m_i/m_f . Por exemplo, para $m_i/m_f = 9,0$, $\ln(m_i/m_f) = 2,2$.

$$\Delta v = \text{constante} \times \ln (m_i/m_f)$$

m_i/m_f	1,7	2,4	3,5	5,0	6,0	9,0
$\ln (m_i / m_f)$	0,5	0,9	1,3	1,6	1,8	2,2

A constante que aparece na equação do foguete varia com o tipo de propelente utilizado e com o desempenho do motor. Para simplificar utilizaremos **constante = 3.000 m/s**, sendo que m_i é a massa inicial do foguete e m_f a sua massa final, obtida subtraindo-se a massa de propelente da massa inicial do foguete. Vale registrar que a “equação do foguete” não considera as perdas gravitacionais e aerodinâmicas, que são da ordem de 25%.

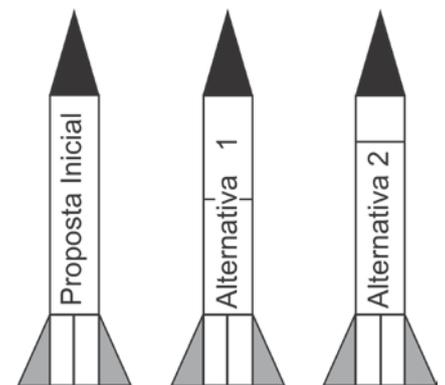
Pergunta 8a) (0,25 ponto) Um foguete com um único motor possui massa inicial igual a 120.000 kg, sendo 100.000 kg de propelente. Usando a equação de Tsiolkovsky e a tabela dada, calcule a velocidade que o foguete transfere à carga-útil. *Abaixo tem espaço para suas contas. Sem elas o resultado não terá valor.*

Resolução 8a):

Resposta 8a):.....

8a) - Nota obtida: _____

O ganho de velocidade obtido na no item anterior é aplicado tanto à carga-útil, que possui 500 kg de massa, quanto ao tanque de propelente (vazio) do foguete, que pelos valores apresentados possui massa de 19.500 kg! Em função disso, um engenheiro propõe dividir a massa de propelente desse foguete em dois motores. Na ALTERNATIVA 1 o propelente é dividido igualmente em dois motores (estágios), enquanto na ALTERNATIVA 2, o primeiro estágio carrega 80.000 kg de propelente e o segundo 20.000 kg. Aplicando-se a equação de Tsiolkovsky para o voo de cada um dos estágios e somando-se os resultados, é possível calcular a velocidade final transferida à carga-útil, conforme apresentado na tabela abaixo, para as duas alternativas propostas. A massa da estrutura do 1º estágio é descartada antes de iniciar o 2º estágio.



Alternativa 1	1º Estágio	2º Estágio
massa do propelente (kg)	50.000	50.000
massa da estrutura (kg)	10.000	9.500
massa da carga útil	-	500
m_i/m_f	1,7	6
Δv (m/s)	1.617	5.375
Δv total (m/s) = 1.617 + 5.375 = 6.992 m/s		

Alternativa 2	1º Estágio	2º Estágio
massa do propelente (kg)	80.000	20.000
massa da estrutura (kg)	16.000	3.500
massa da carga útil	-	500
m_i/m_f	3	6
Δv	3.296	5.375
Δv total (m/s) = 3.296 + 5.375 = 8.671 m/s		

Pergunta 8b) (0,25 ponto): A massa de propelente, de estrutura e da carga-útil são as mesmas nas 3 opções avaliadas. Copie seu resultado da pergunta 8a para a célula em branco da tabela ao lado. Faça um **X** na linha tracejada, debaixo da alternativa que indica, em sua opinião, a melhor opção em termos de ganho de velocidade da carga útil.

Δv Proposta inicial	Δv Alternativa 1	Δv Alternativa 2
	6.992 m/s	8.671 m/s
.....

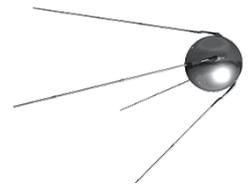
8b) - Nota obtida: _____

Pergunta 8c) (0,5 ponto): Justifique a sua resposta à questão anterior.

Resposta 8c):

8c) - Nota obtida: _____

Questão 9) (1 ponto) A Era Espacial foi inaugurada em 04 de outubro de 1957, quando a antiga União Soviética colocou o satélite Sputnik em órbita da Terra (vide figura ao lado). Desde então, mais de 7.000 satélites foram lançados ao espaço, nos auxiliando na previsão do tempo, monitoramento do desmatamento da Amazônia e transmissão de grandes eventos como Copa do Mundo e Olimpíadas. Dos 1.200 satélites em operação atualmente, 400 são destinados às comunicações. Os satélites de comunicações percorrem órbitas circulares situadas no plano do Equador a uma distância tal que completam uma volta em torno da Terra em 23h56min4seg, ou seja, no mesmo período de rotação da Terra (se necessário, aproxime este valor para 24h). Para todos os efeitos práticos, eles ficam “parados” em relação a um ponto fixo da Terra situado na linha do Equador, razão pela qual são chamados **geostacionários**.



Pergunta 9a) (0,25 ponto) Considerando-se que, em cada volta em torno da Terra, um satélite geostacionário percorre a distância de 265.000 km, qual a sua velocidade média em km/h? *Faça abaixo suas contas. Sem elas o resultado não será aceito.*

Resolução 9a):

Resposta 9a):.....

9a) - Nota obtida: _____

Pergunta 9b) (0,25 ponto) A Tabela abaixo mostra a velocidade para várias órbitas circulares no plano do Equador terrestre. Baseado nessa tabela e no resultado que você obteve na Pergunta 9a, coloque um **X** sobre o raio da órbita do satélite geostacionário mencionado na pergunta 9a.

Raio orbital (km)	6.630	6.728	7.378	16.378	42.160
Velocidade orbital (km/h)	27.926	27.718	26.469	17.765	11.042

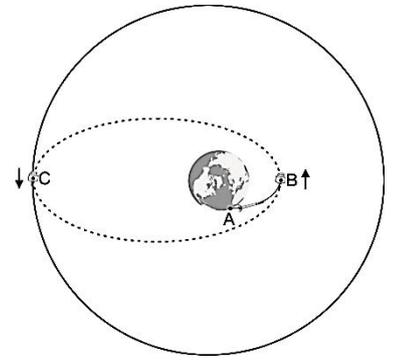
9b) - Nota obtida: _____

Colocar um satélite em órbita exige muito conhecimento, trabalho, tecnologia, laboratórios especializados e recursos financeiros. Além do satélite, é preciso um foguete com energia suficiente para transportar o satélite ao espaço. Normalmente, a massa de propelente (combustível + oxidante) constitui 90% da massa total do foguete, sendo a massa do satélite inferior a 1% da massa total do foguete.

Embora o primeiro satélite artificial da Terra tenha sido lançado em 1957, em 1925 o engenheiro alemão Dr. Walter Hohmann já tinha pensado no problema. Não é incrível? Baseado no conhecimento da mecânica orbital Hohmann propôs a teoria que ficou conhecida como órbita de transferência de Hohmann, que minimiza a quantidade de energia (propelente) necessária para colocar satélites e espaçonaves em órbita da Terra. Fique tranquilo, que vamos lhe explicar a genial ideia do Dr. Hohmann.

De uma maneira simplificada, a ideia do Dr. Hohmann funciona da seguinte forma: em vez do foguete colocar o satélite geostacionário em sua órbita final, representada pela linha cheia da figura ao lado, ele o coloca no ponto **B** situado a cerca de 200 km de distância da superfície terrestre. A partir do ponto **B** o movimento do satélite estará sujeito às leis da mecânica orbital e girará no sentido anti-horário ao longo de uma órbita elíptica representada pela linha tracejada da figura. Para efeitos de comunicação, este satélite não teria qualquer utilidade uma vez que a sua posição em relação a um ponto fixo da superfície terrestre localizado no Equador terrestre muda com o tempo. Mas é aqui que entra a genial ideia de Hohmann. De acordo com sua teoria, a órbita geostacionária pode ser alcançada acionando o propulsor do satélite no apogeu de sua trajetória elíptica (ponto **C** da figura) e com isso ele sairá de sua órbita elíptica e alcançará a órbita geostacionária.

Pergunta 9c (0,5 ponto) Pelas leis da mecânica orbital, cada órbita, seja ela elíptica ou circular, é dotada de uma energia orbital específica, definida por $\epsilon = v^2/2 - \mu/R$, onde v é a velocidade do satélite, R é o raio local da órbita (medido a partir do centro da Terra) e $\mu \approx 4 \times 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2$. Para as órbitas mostradas na figura tem-se $(\epsilon_e =) \epsilon_{\text{elíptica}} = -8,2 \text{ km}^2/\text{s}^2$ e $(\epsilon_c =) \epsilon_{\text{circular}} = -4,7 \text{ km}^2/\text{s}^2$. Calcule de quanto aumentou (Δv) a velocidade do satélite quando ele passou da órbita elíptica para a circular no ponto C. **Dica:** Você precisará transformar o valor de velocidade obtido na pergunta 9a de km/h para km/s. *Faça abaixo suas contas. Sem elas o resultado não será aceito.*



Resposta 9c):.....

9c) - Nota obtida: _____

Questão 10) (1 ponto) Nos últimos 300 anos o homem dizimou pelo menos 50% de todas as florestas do planeta. No Brasil, a Amazônia Legal inclui os estados do Amazonas, Acre, Pará, Amapá, Roraima, Rondônia, Mato Grosso, Maranhão, Goiás e Tocantins, possui 5 milhões de quilômetros quadrados e representa 61% do território nacional. O desmatamento da floresta amazônica já atingiu mais de 13%, gerando consequências como perda da biodiversidade, degradação do solo e mudanças no clima, que alterou o regime de chuvas e ventos na Amazônia Legal e nas regiões centro-oeste e sudeste do país.

As imagens obtidas por satélites de sensoriamento remoto, tais como o CBERS-4, desenvolvido em conjunto pelo Brasil e China, permitem monitorar e medir a derrubada da floresta. A precisão dessa medição depende da **resolução espacial dos sensores** do satélite. A resolução dos sensores do satélite pode ser comparada à acuidade dos olhos humanos, ou seja, alguns satélites enxergam melhor do que outros. Os sensores dos satélites americanos da série Landsat, por exemplo, possuem resolução espacial de **30 metros**. Isto significa que objetos distanciados entre si de menos de 30 metros não serão, em geral, discriminados pelo sensor. Já os sensores MODIS a bordo do satélite Terra e Aqua produzem imagens da superfície terrestre com resoluções de **250, 500 e 1.000 metros**.

Pergunta 10a) (0,5 ponto) Os satélites de sensoriamento remoto giram em torno da Terra em uma órbita cujo plano passa próximo aos pólos terrestres. O movimento relativo desses satélites em relação à Terra é tal que eles imageiam todo o globo terrestre em um intervalo de tempo de 26 dias. De um modo simplificado pode-se afirmar que a cada mês um satélite de sensoriamento remoto obtém o “retrato” de toda a Amazônia Legal. Comparando o “retrato” de um mês com aquele do mês anterior, os especialistas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) podem monitorar o aumento da área desmatada, bem como identificar novas áreas desmatadas, informando assim às autoridades competentes sobre a localização dessas áreas. Essas autoridades podem, então, ir aos locais indicados e identificar os responsáveis. Baseado nessas explicações, qual, dentre as **4 resoluções espaciais** citadas nessa questão, seria a mais indicada para esse serviço? Justifique sua resposta.

Resposta 10a):

10a) - Nota obtida: _____

Pergunta 10b) (0,5 ponto) Ao se pretender examinar uma área desmatada de 10.000 m², qual resolução seria mais adequada para este estudo? Justifique sua resposta.

Resposta 10b):

10b) - Nota obtida: _____