



# PROVA DO NÍVEL 4

(Para alunos de qualquer série do Ensino Médio)

X Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica – 2007  
Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) - Agência Espacial Brasileira (AEB)

Veja o gabarito em nossa home page [www.oba.org.br](http://www.oba.org.br) ou aguarde o(a) prof(a) mostrá-lo. Converse com os participantes da OBA na comunidade do ORKUT: **Olimpíada de Astronomia - OBA**

Nota de Astronomia: \_\_\_\_\_

Nota Final: \_\_\_\_\_

Nota de Astronáutica: \_\_\_\_\_

Visto do(a) Prof(a): \_\_\_\_\_

Observação: A Nota Final é a soma das notas de Astronomia e de Astronáutica

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

Nome completo:.....

Endereço: .....n.º.....

Bairro:..... CEP: \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ Cidade: ..... Estado: \_\_

Tel ( \_\_ ) \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ E-mail: ..... Data de Nascimento \_\_/\_\_/\_\_

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

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

Nome da escola:.....

Endereço: .....n.º.....

Bairro:..... CEP: \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ Cidade: ..... Estado: \_\_

Tel ( \_\_ ) \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ Fax ( \_\_ ) \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ E-mail: .....

## Nome completo do(a) professor(a) representante da Escola junto à OBA:

.....

**Horário da Prova: fica a critério da escola desde que seja no dia 04/05/07.**

**Data da realização desta prova para ter efeito oficial: 04 de MAIO de 2007.**

**Esta prova só pode ser realizada por alunos do ensino médio.**

**Duração máxima desta prova: 4 horas.**

*Caro participante Olímpico,*

*Parabéns por estar participando da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA)! Ficamos muito felizes em tê-lo como participante da OBA. Você está demonstrando coragem e vontade de aprender ainda mais sobre Astronomia e Astronáutica. Isso também significa que você estudou um pouco mais sobre Astronomia (a mais antiga das ciências) e sobre Astronáutica (uma das mais novas das ciências) e quem estuda está sempre ganhando, por isso temos certeza que você é muito esperto(a) e inteligente. Aliás, inteligência todos temos, porém, alguns usam ela mais do que os outros. Você, por estar participando da OBA, está demonstrando que está usando bastante a sua inteligência.*

**BOA OLIMPÍADA PARA VOCÊ!**

**Questão 1) (1 ponto) Comentários:** Todas as civilizações da Antigüidade que nos deixaram registros astronômicos observaram que, além das estrelas que pareciam fixas umas em relação às outras, existiam cinco pontos luminosos que passeavam por entre as estrelas, os planetas visíveis a olho nu: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno. Os demais planetas não eram conhecidos nesta época, pois não havia telescópios. A partir da invenção do telescópio – utilizado pela primeira vez por Galileu Galilei para estudar o céu – foram identificados os demais planetas, além de diversos outros corpos celestes não observáveis a olho nu, como, por exemplo, satélites planetários, um grande número de asteróides e cometas de baixa luminosidade. Uma primeira estrutura foi identificada no início do séc XIX, o **Cinturão de Asteróides**, cujos componentes foram descobertos em seqüência à descoberta do maior deles, Ceres (descoberto em 1801 por Giuseppe Piazzi), que, com seus 950 km de diâmetro, apesar de esférico, era pequeno demais para ser considerado um planeta. Além disso, vários outros corpos bem menores, basicamente rochosos, foram observados tendo órbitas entre Marte e Júpiter. Hoje, os astrônomos julgam que Júpiter teria impedido a formação de um planeta entre ele e Marte dando origem a este cinturão. É importante mencionar que a formação dos corpos do Sistema Solar (Sol, planetas e demais corpos) deu-se por aglutinação de corpos menores ao longo de alguns poucos milhões de anos, partindo da condensação de uma nuvem de gás e poeira primordial. Os astrônomos atualmente também concordam que existem duas outras regiões de corpos menores no Sistema Solar e até acham que estes corpos estão lá porque foram expulsos quando os planetas já estavam formados. A primeira destas estruturas, que começa logo depois da órbita de Netuno, é o assim chamado **Cinturão de Kuiper**, cujos corpos estão espalhados em órbitas próximas ao plano das órbitas dos planetas. À medida que nos afastamos mais ainda do Sol, as órbitas dos corpos menores vão se espalhando por uma região cada vez mais extensa, até que a cerca de 0,5 ano luz do Sol, indo até 1 ano luz, as órbitas estão tão espalhadas que encontramos corpos com órbitas em qualquer ângulo em relação ao plano das órbitas dos planetas. Esta estrutura que envolve esféricamente todo o Sistema Solar, a uma grande distância dos planetas, é chamada de **Nuvem de Oort**. Para se ter uma idéia do quão longe significa 0,5 ano luz de distância, Netuno está a apenas cerca de 4 horas (!) luz e Plutão a pouco mais de 5 horas luz do Sol. Os corpos constituintes do **Cinturão de Kuiper** e da **Nuvem de Oort** são, em sua grande maioria, formados de constituintes mais leves, como água, metano e, em menor quantidade elementos rochosos, ou seja, o que é chamado de gelo sujo. Acredita-se, inclusive, que a origem dos oceanos terrestres teria sido um bombardeamento por cometas. Na verdade, **Jan Hendrik Oort** e **Gerard Peter Kuiper** ao proporem, no início da década de 50 do século passado, as estruturas que terminaram por receber seus nomes, estavam pensando nesta outra classe de corpos menores, os cometas, já então com grande número de ocorrências registradas e estudadas à época. Assim, cometas de período da ordem do Cometa Halley, isto é de “curto período”, com órbitas próximas ao plano da órbita dos planetas, seriam lançados em direção ao Sol por perturbações gravitacionais nos corpos do **Cinturão de Kuiper** e os de longo período (às vezes de milhares de anos), como possuíam órbitas em qualquer plano, viriam da **Nuvem de Oort**. Mas foi somente a partir da década de 1990, com o telescópio espacial **Hubble** e uma nova geração de grandes telescópios, que muitos corpos menores, muito além da órbita de Netuno, foram identificados. Dentre os maiores objetos estão: **Sedna**, descoberto em 2002, **Quaoar** e **2004DW** descobertos em 2004 e, **o maior de todos, Eris, maior inclusive que Plutão**, descoberto em 2005. Assim, Plutão, com sua órbita um pouco fora do plano da órbita dos planetas, com seu tamanho diminuto, com sua composição mais próxima da de um cometa do que de um planeta rochoso e não sendo o único corpo a completar três voltas em torno do Sol enquanto Netuno completa duas, ficou cada vez mais diferente de corpos grandes e rochosos como Mercúrio, Vênus, Terra, Marte e dos gigantes gasosos, como Júpiter, Saturno, Urano e Netuno. Tais novas descobertas e a descoberta de planetas extra-solares (como será discutido na questão 5), colocaram como inadiável a discussão, pela União Astronômica Internacional (em inglês, **IAU**), sobre o que é de fato um planeta. O resultado foi amplamente divulgado no ano passado: Plutão deixou de ser classificado como planeta e junto com Ceres e Eris recebeu a classificação de “**planeta anão**”, que não é um planeta, sendo classificado como um objeto que seria um planeta se fosse dominante e único em sua órbita de translação.

**Considere** a nova definição para o termo planeta. Ela exige que um objeto, para ser considerado planeta, obedeça às seguintes condições:

- 1- *Orbite o Sol, e não orbite nenhum outro corpo do Sistema Solar;*
- 2- *Tenha forma aproximadamente esférica;*
- 3- *Seja muito maior que qualquer outro objeto que esteja na mesma órbita.*

Para ser um planeta anão ele deve obedecer aos itens 1 e 2 e NÃO pode obedecer ao item 3.

**Pergunta 1a) (0,3 ponto) (0,01 cada acerto. Se acertar todos os itens ganha os 0,3 pontos.)** Nas colunas abaixo, que propriedades têm cada um dos corpos? Escreva S (para SIM) ou N (para NÃO).

Objeto	1) Órbita o Sol diretamente?	2) Tem forma quase esférica?	3) É dominante em sua órbita?	É um planeta? (Sim ou não)	Pontos
Vênus					
Plutão					
Ceres					
Lua					
Ganimedes <sup>1</sup>					
Cometa Halley					

<sup>1</sup> Satélite de Júpiter descoberto por Galileu no século no séc. XVII

**1a) – Nota obtida:** \_\_\_\_\_

**Pergunta 1b) (0,3 ponto)** Na verdade, só os corpos grandes são aproximadamente esféricos porque neles o fator dominante de formação é a sua própria gravidade. Por que ela faz com que os corpos grandes sejam esféricos?

Resposta 1b):

1b) – Nota obtida: \_\_\_\_\_

**Pergunta 1c) (0,4 ponto)** O cometa McNaught foi visível em janeiro de 2007 primeiro no Hemisfério Norte, com baixa luminosidade, e depois, muito mais brilhante, no Hemisfério Sul. De onde você acha que esse cometa se originou: do Cinturão de Kuiper ou da Nuvem de Oort? Por que?

Resposta 1c):

1c) – Nota obtida: \_\_\_\_\_

**Questão 2) (1 ponto) Comentário:** Na famosa obra de ficção de J. R. R. Tolkien, “*O Senhor dos Anéis*”, transformada em uma recente trilogia cinematográfica, encontramos a seguinte citação, dita pelo nobre Aragorn:

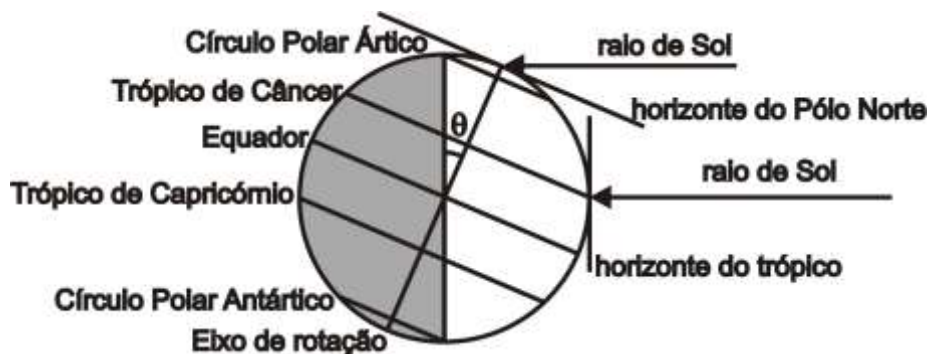
*“Tive uma vida dura e longa; e as milhas que se estendem entre este lugar e Gondor são uma pequena fração na soma de minhas viagens. Atravessei muitas montanhas e muitos rios, e pisei em muitas planícies, chegando até mesmo às regiões distantes de Rhûn e Harad, onde as estrelas são estranhas [diferentes das que ele conhecia].”*

**Pergunta:** Baseado nessa citação de Aragorn, você acha que a Terra Média, o mundo onde se passa o livro, é plana ou esférica? Por que?

Resposta:

2) – Nota obtida: \_\_\_\_\_

**Questão 3) (1 ponto) Comentário:** Você sabe que as estações do ano são devidas à inclinação do eixo de rotação da Terra com relação à perpendicular ao plano da órbita terrestre. Esta inclinação, dada pelo ângulo  $\theta$  na figura abaixo, é de cerca de 23,5 graus. Na prova de 2006 da OBA, nós discutimos a respeito dos equinócios e solstícios. Vimos que, à medida que a Terra se movimenta ao redor do Sol, ao longo do ano, o ângulo de incidência dos raios solares na superfície da Terra, em um dado lugar, vai se modificando. Por exemplo, apenas no Solstício de Verão do Hemisfério Sul, o Sol fica a pino (ao meio dia solar local) no Trópico de Capricórnio. Vimos também que nos equinócios (instante em que se iniciam as estações Primavera e Outono) a parte diurna e a noturna do dia são iguais e o Sol fica a pino no Equador. Por outro lado, nos solstícios (instante em que se iniciam o Verão e o Inverno) a duração do período diurno é a mais longa do ano no hemisfério no qual o Verão se inicia.



**Considere** a figura a cima, que representa a incidência dos raios solares sobre a Terra, em uma dada posição de sua órbita em torno do Sol. Repare que o eixo de rotação está inclinado de um ângulo  $\theta$  (cerca de 23,5 graus) em relação à vertical ao plano de translação. Repare ainda que a metade mais escura (à esquerda) é a parte que não recebe luz do Sol e a metade à direita é a região iluminada. **Todas as perguntas abaixo são referentes ao fenômeno representado nesta figura**

**Pergunta 3a) (0,2 ponto)** Que evento astronômico (Solstício de Verão ou de Inverno ou Equinócio de Primavera ou de Outono), em relação a que hemisfério, está sendo representado pela figura? Quais as estações do ano que estão se iniciando no Hemisfério Sul e no Hemisfério Norte? Explique o porquê.

Resposta 3a):

3a) – Nota obtida: \_\_\_\_\_

**Pergunta 3b) (0,2 ponto)** Qual a altura do Sol no Pólo Norte, isto é quantos graus ele se encontra acima do horizonte?

**Resposta 3b):**

3b) – Nota obtida: \_\_\_\_\_

**Pergunta 3c) (0,2 ponto)** Em que região da Terra o Sol fica a pino ao meio dia?

**Resposta 3c):**

3c) – Nota obtida: \_\_\_\_\_

**Pergunta 3d) (0,2 ponto)** O Sol é visível no Pólo Sul? Por que? Caso não seja, qual a região de não visibilidade?

**Resposta 3d):**

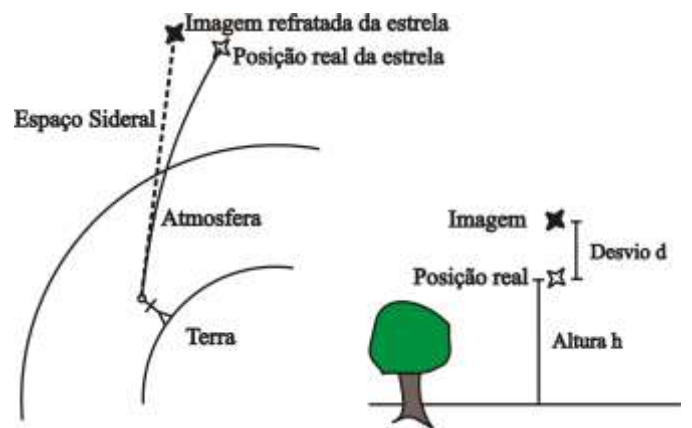
3d) – Nota obtida: \_\_\_\_\_

**Pergunta 3e) (0,2 ponto)** O que ocorreria com as estações do ano se o ângulo  $\theta$  de inclinação do eixo de rotação da Terra fosse nulo, isto é se o eixo fosse perpendicular ao plano de translação?

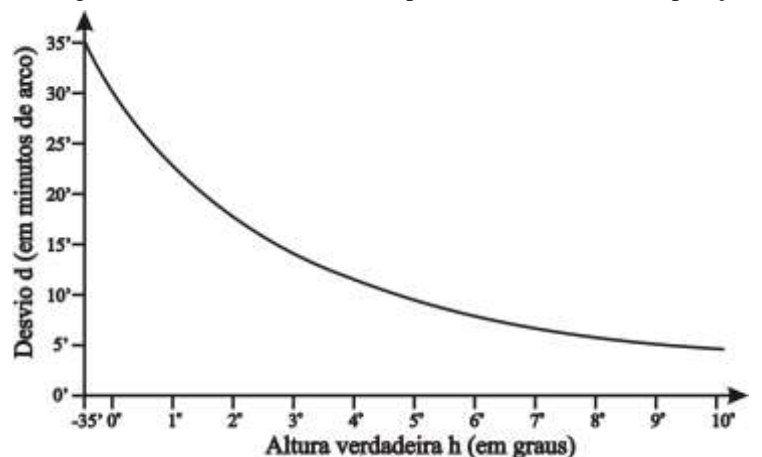
**Resposta 3e):**

3e) – Nota obtida: \_\_\_\_\_

**Questão 4) (1 ponto) Comentários:** Refração é um fenômeno que ocorre quando um raio de luz muda de um ambiente de propagação para outro e tem sua velocidade alterada. Quando este raio incide obliquamente na superfície de separação de tais meios, há também mudança na direção do raio. Observamos a ocorrência deste fenômeno, por exemplo, quando vemos a deformação de um objeto imerso numa piscina. Você pode imaginar, então, que a luz que se propaga no espaço (por exemplo, a luz de uma estrela, ou mesmo do Sol ou da Lua) sofre refração ao entrar na atmosfera terrestre. Este é um fenômeno bastante complexo, pois a luz passa por sucessivas camadas de ar com características diferentes, sofrendo, portanto, diversas refrações. **O efeito disso é que a posição aparente das estrelas é deslocada para cima.** A figura ao lado (ela está fora de escala) ilustra o fenômeno. **Repare que é a altura da estrela que sofre alteração pela refração atmosférica.** Na figura ao lado, a imagem da estrela não é desviada para os lados, estando a posição real da estrela e sua imagem (refratada) na mesma linha vertical.



Apresentamos também um gráfico que fornece o ângulo (em minutos de arco) que a estrela se desloca para cima em função de sua altura verdadeira (em graus), isto é aquela que a estrela teria se não existisse a atmosfera terrestre. Vamos agora entender o que este gráfico nos diz. Para cada altura verdadeira, eixo x (horizontal), a estrela sofre um desvio devido à refração, aumentando sua altura da quantidade indicada no eixo y (vertical). Por exemplo, na intersecção da curva com o eixo y, vemos que, quando a estrela está a 35 minutos de arco abaixo do horizonte ( $-35'$  no eixo x), o seu desvio em altura é de 35 minutos ( $35'$  no eixo y). Isto significa que uma estrela que aparece no horizonte para nós está na verdade a 35 minutos de arco abaixo do horizonte. Por outro lado, vemos no gráfico que, à medida que a altura da estrela cresce, menor é o desvio devido à refração. No outro extremo da curva (à direita), vemos que quando a estrela está 10 graus acima do horizonte, ela sofre um desvio de apenas pouco mais que 5 minutos de arco e aparece para nós como, portanto, se tivesse uma altura de 10 graus e 5 minutos.



**Pergunta 4a) (0,3 ponto)** Um dos efeitos da refração é uma variação da duração do período diurno (dia claro), o que se relaciona diretamente com o tempo em que o Sol fica visível. Indique se esta variação aumenta ou diminui a duração do dia claro e explique.

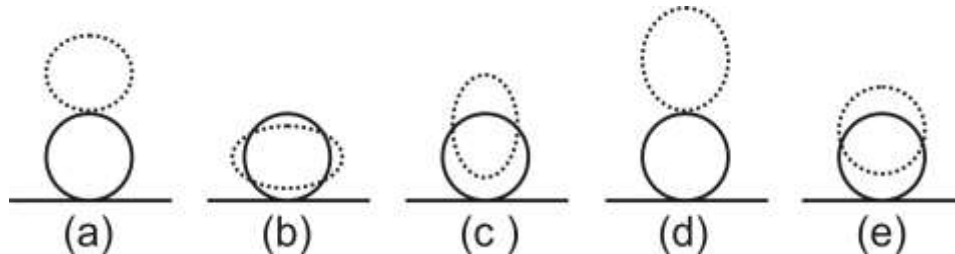
Resposta 4a):

4a) – Nota obtida: \_\_\_\_\_

**Pergunta 4b) (0,3 ponto)** Outro efeito perceptível da refração para o Sol e a Lua é a deformação aparente deles quando próximos do horizonte. Sabendo que a curva pontilhada representa o Sol ou a Lua aparentes, os círculos o Sol ou a Lua reais, e a linha reta o horizonte, assinale dentre as alternativas abaixo qual a que representa mais corretamente a deformação sofrida pelo Sol ou pela Lua.

**Dado:** Utilize o gráfico e lembre que tanto a Lua quanto o Sol têm um diâmetro aparente de cerca de 30 minutos de arco.

**Resposta 4b)**



4b) – Nota obtida: \_\_\_\_\_

**Pergunta 4c) (0,4 ponto)** Usando dados do gráfico, calcule aproximadamente a variação na duração do período diurno, considerando que o Sol faz um caminho muito próximo da vertical tanto no nascer como no ocaso (pôr).

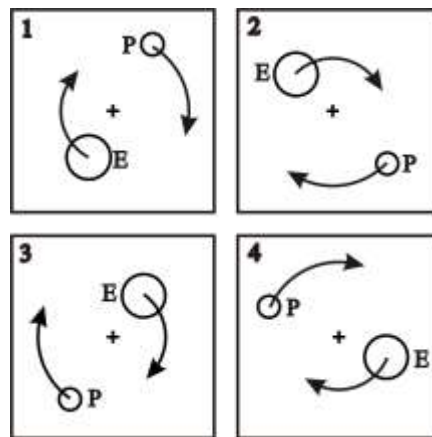
**Dado:** 1 grau equivale a 60 minutos de arco, 1 hora de tempo corresponde a 15 graus de arco.

**Resposta 4c):**

4c) – Nota obtida: \_\_\_\_\_

**Questão 5) (1 ponto) Comentários:** Já foram descobertos e confirmados mais de 150 planetas orbitando estrelas que não o Sol, e este número cresce praticamente todo dia. Existem diversas técnicas utilizadas para detectar planetas extra-solares, sendo a da velocidade radial a mais importante, tendo sido responsável pela grande maioria das identificações destes planetas. Esta técnica consiste em utilizar um efeito que você já deve ter ouvido falar, o desvio para o vermelho, isto é o avermelhamento da luz que nos chega de um corpo que se afasta muito rapidamente de nós. A expansão do Universo foi identificada desta forma. Da mesma forma,

existe um azulamento da luz de corpos que se aproximam em nossa direção. Você já deve ter observado este mesmo efeito de outra forma: quando uma ambulância se aproxima de nós, ouvimos um som mais agudo da sirene, o que corresponde a uma diminuição do comprimento de onda do som ouvido. Inversamente, quando a ambulância se afasta de nós, ouvimos um som mais grave, o que corresponde a um aumento do comprimento de onda. A luz, sendo uma onda, comporta-se exatamente da mesma forma (sendo que o azul é um dos menores comprimentos de onda visível da luz e o vermelho, o maior). Repare, entretanto, que, para que seja detectável em ondas luminosas, a ordem de grandeza das velocidades envolvidas deve ser muito maior do que para o caso do som. A técnica da velocidade radial consiste, portanto, na identificação de desvios para os comprimentos de onda vermelho e azul da luz que as estrelas emitem à medida que o planeta orbita a estrela. No caso de um sistema simples com apenas um planeta, os dois corpos descrevem uma trajetória em torno do centro de massa (CM), com a mesma velocidade angular, isto é sempre opostos um ao outro (ver figura ao lado). Quanto maior o planeta, ou quanto mais próximo ele estiver da estrela, maior será o efeito medido na estrela, ou quanto menor for a estrela maior será o efeito gravitacional "sentido" por ela devido à presença do planeta. Assim, planetas tipo Júpiter quente (pois são de tamanhos comparáveis ao de Júpiter e estão bastante próximos da estrela) são os mais detectados. Outro fator decisivo para o emprego desta técnica é a posição relativa do sistema em relação à nossa linha de visada. Assim, se o sistema é visto "de cima" (como na figura), não é possível detectar velocidades radiais (pois o movimento se dá perpendicularmente a nós), por outro lado, se o sistema é visto de perfil, detectamos mais facilmente as alterações na velocidade radial. Como curiosidade, enumeramos outras técnicas de detecção empregadas comumente, quais sejam, astrométrica (que utiliza a posição da estrela), trânsito (quando o planeta passa na frente da estrela), imageamento direto e microlentes (a amplificação da imagem pela estrela o que só ocorre em condições muito raras).



$$\begin{aligned}
 & \text{Diagram showing the center of mass (CM) and the positions of the star (E) and planet (P) relative to the X-axis. The star is at position 0 and the planet is at position r. The center of mass is at position X_{CM}.} \\
 & X_{CM} = \frac{M_E X_E + M_P X_P}{M_E + M_P} \\
 & X_E = 0 ; X_P = r \\
 & \rightarrow X_{CM} = \frac{M_P}{M_E + M_P} r
 \end{aligned}$$

**Considere** um sistema planetário qualquer composto apenas de um planeta de massa  $M_P$  orbitando uma estrela de massa  $M_E$  a uma distância  $r$  da estrela, conforme a figura acima, onde apresentamos também o cálculo do centro de massa do sistema considerando coordenadas com origem no centro da estrela (para facilitar as contas). Como colocamos a origem do sistema de coordenadas no centro da estrela, a posição do centro de massa  $X_{CM}$  é dada pelo produto da distância  $r$  entre a estrela e o planeta pela razão entre a massa  $M_P$  do planeta e a soma das massas da estrela e do planeta ( $M_P + M_E$ ). É intuitivo pensar que, quanto mais massivo for o planeta ou quanto mais distante ele estiver da estrela, mais deslocado o centro de massa estará do centro da estrela. Pense, por exemplo, numa gangorra: a pessoa mais pesada levanta facilmente a mais leve, mas se duas pessoas de mesmo peso estão brincando, uma delas pode levantar a outra se sentando bem na beira e jogando o corpo pra trás.

**Pergunta 5a) (0,4 ponto - 0,2 cada item)** Seja a força gravitacional entre a estrela e o planeta  $F = G M_P M_E / r^2$ , onde  $G$  é a constante gravitacional,  $M_P$  e  $M_E$  são as massas dos corpos e  $r$  é a distância entre seus centros (ver figura). Considere ainda a segunda lei de Newton,  $F = m a$ , sendo  $m$  a massa da estrela, logo  $m = M_E$ , e  $a$  a aceleração centrípeta da estrela, dada por  $a = v^2 / X_{CM}$ , onde  $X_{CM}$  é a distância da estrela ao centro de massa, que é  $X_{CM} = M_P r / (M_P + M_E)$ , como calculado na figura acima. Obtenha as seguintes expressões para:

i) A velocidade da estrela em torno do centro de massa:

$$v = M_P \sqrt{\frac{G}{r(M_E + M_P)}}$$

ii) O período de translação da estrela em torno do centro de massa:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G(M_E + M_P)}}$$

**Dado:** O período deve ser calculado pela fórmula  $T = 2\pi X_{CM} / v$ , onde  $v$  é a velocidade da estrela obtida acima,  $X_{CM}$  é a posição do centro de massa no referencial centrado na estrela (dada na figura acima).

**Resposta 5a)**

i)

5a, i) – Nota obtida: \_\_\_\_\_

ii)

5a, ii) – Nota obtida: \_\_\_\_\_

**Pergunta 5b) (0,3 ponto, 0,1 cada item)** Vamos considerar agora um exemplo concreto: o primeiro sistema planetário descoberto (pelo método da velocidade radial), em 51 Pegasi, uma estrela de massa semelhante à do Sol, onde foi detectado um único planeta. Ambos, o planeta e a estrela, descrevem órbitas circulares em torno do centro de massa do sistema, exatamente como no caso anterior. Chamamos a atenção para o fato de que a escala utilizada na figura acima não corresponde à deste sistema. **Calcule o centro de massa** do sistema no referencial da figura anterior, **a velocidade e o período** de translação da estrela em torno do centro de massa do sistema (repare que se você resolveu a pergunta 5a, não precisa, necessariamente, utilizar as fórmulas deduzidas no item anterior).

**Dados:** Considere as massas da estrela e do planeta, respectivamente, iguais a  $M_E = 2 \times 10^{30}$  kg (cerca de uma massa solar) e a  $M_P = 1 \times 10^{27}$  kg (cerca de metade da massa de Júpiter), a distância do planeta à estrela é  $r = 1 \times 10^7$  km (cerca de 0,05 U.A., onde U.A. é a unidade astronômica, que representa a distância Terra-Sol), e que a constante gravitacional é  $G = 6,7 \times 10^{-20}$  km<sup>3</sup> / s<sup>2</sup> kg. Para facilitar as contas considere que  $\pi = 3$  no cálculo do período.

**Resposta 5b):**

5b) – Nota obtida: \_\_\_\_\_

**Pergunta 5c) (0,3 ponto)** Refizemos os mesmos cálculos do item anterior para o sistema Sol-Júpiter. Para isto, utilizamos os seguintes dados aproximados: massa do Sol  $M_E = M_{SOL} = 2 \times 10^{30}$  kg, a massa de Júpiter  $M_P = M_J = 2 \times 10^{27}$  kg e distância Sol-Júpiter  $r = 7,8 \times 10^8$  km. Obtivemos  $X_{CM} = 7,8 \times 10^5$  km;  $v \cong 0,013$  km/s  $\cong 46$  km/h e  $T = 3,6 \times 10^8$  s  $\cong 11$  anos. Observe a diferença deste resultado para os que você obteve no item anterior e explique porque, utilizando o método da velocidade radial, têm sido detectados, quase que exclusivamente, planetas de grande massa, próximos da estrela, chamados de júpiteres quentes (como no caso anterior da estrelas 51 Pegasi). Isto está relacionado com o módulo da velocidade da estrela e/ou com o período? Por que?

**Resposta 5c):**

5c) – Nota obtida: \_\_\_\_\_

**Questão 6) (1 ponto - 0,05 cada item certo) Comentário:** Ao longo das questões anteriores, discutimos diversos assuntos, tais como a existência e a origem dos corpos menores (cometas e asteróides), descrevendo com algum detalhe a “geografia” do Sistema Solar, isto é a localização das formações onde tais corpos ficam agrupados no Sistema Solar. Discutimos também a descoberta de diversos corpos não planetários de grande tamanho e, por vezes, esféricos, o que levou à classificação de objetos intermediários, como os planetas anões e o “rebaixamento” de Plutão, bem como a primeira definição de planeta pela IAU. Além disto estudamos o fenômeno de refração atmosférica. Por fim, vimos as formas mais comuns de detecção de planetas extra-solares e calculamos exemplos reais. Nesta questão iremos formular afirmações sobre estes e outros temas.

**Pergunta:** Diga se as afirmações a seguir são verdadeiras (V) ou falsas (F).

**Respostas:**

1	O Hubble é o único telescópio no espaço	
2	Em virtude da refração, o período luminoso do dia é mais curto	
3	No Equinócio de inverno o Sol fica a pino no equador	
4	O Sol nasce no Círculo Polar Antártico no Equinócio de Março	
5	Plutão deixou de ser considerado planeta porque Caronte, sua maior lua, é muito grande.	
6	A Lua possui uma órbita paralela ao Equador terrestre	
7	A luz se comporta ou como onda ou como partícula	
8	Corpos com massa diferente de zero podem chegar à velocidade da luz	
9	Cometas de longo período são originários do Cinturão de Kuiper	
10	Cometas com órbitas bem distantes da Eclíptica provém da Nuvem de Oort	
11	Ceres foi promovido a planeta anão pela IAU	
12	Entre os trópicos e os pólos o Sol nunca fica a pino	
13	Acredita-se hoje que o universo esteja em expansão acelerada	
14	A composição do universo é de aproximadamente 70 % de matéria escura, 25 % de energia escura e 5 % de coisas que conhecemos, como radiação e matéria.	
15	Quase a totalidade dos planetas extra-solares descobertos são de tipo júpiter quente	
16	Eris possui uma lua chamada Disnomia	
17	A refração é tratada em física pela lei de Snell-Descartes	
18	Um raio de luz ao passar de um meio de maior índice de refração para um de menor índice, se aproxima da normal (perpendicular a superfície limítrofe entre os meios)	
19	Durante o dia, o céu é azul em virtude do espalhamento da luz na nossa atmosfera	
20	Eclipses ocorrem se a Lua estiver no plano de translação da Terra, mas não necessariamente.	

6) – Nota obtida: \_\_\_\_\_

**Questão 7) (1 ponto) Comentário:** As estrelas descrevem trajetórias aparentes paralelas ao Equador Celeste, que é a interseção imaginária do plano do Equador Terrestre com o fundo de estrelas (esfera celeste). Conforme o lugar da Terra em que se está, suas trajetórias terão inclinações diferentes em relação ao horizonte, dependendo do quão perto ou distante se está do Equador (isto é de sua latitude, que é zero no Equador e 90 graus nos pólos).

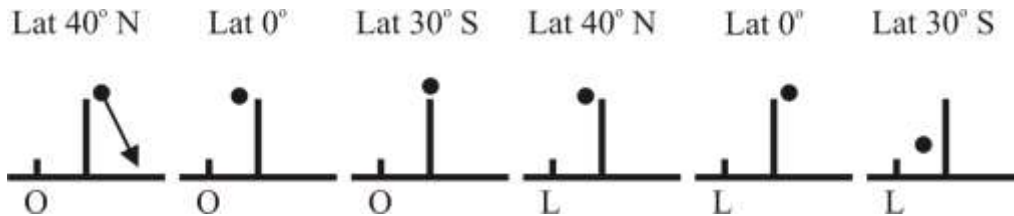


Como você sabe, as trajetórias das estrelas são devidas apenas à rotação da Terra, o que resulta em elas parecerem fixas umas em relação às outras. Já os planetas descrevem trajetórias no céu que variam ao longo do ano, isto é eles se movimentam em relação ao fundo de estrelas. Tal movimento dos planetas é devido à translação da Terra, bem como aos movimentos dos próprios planetas ao redor do Sol. Como todos os planetas têm órbitas aproximadamente no mesmo plano que a órbita da Terra, eles ficam confinados a uma dada região do céu, sendo esta região sempre próxima à Eclíptica, isto é ao caminho aparente do Sol, ao longo do ano, entre o fundo de estrelas. Com a Lua é semelhante, pois seu plano de translação em torno da Terra é inclinado de apenas 5 graus em relação ao plano orbital da Terra, conhecido como plano da Eclíptica (ver figura, que está completamente fora de escala, inclusive o ângulo).

**Pergunta 7a) (0,5 ponto, 0,1 cada item correto)** As figuras abaixo mostram a posição de uma estrela (um círculo preto) em relação a um poste de rua num dado instante. A partir desse instante desenhe a trajetória aparente aproximada da estrela, orientando-a com uma seta em cada caso. Estão assinalados os pontos cardeais Leste (L) e Oeste (O) no horizonte e as latitudes dos lugares nas figuras. Mostramos um caso para ajudar você.

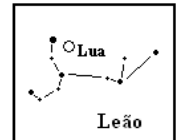
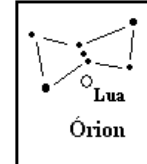
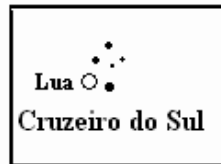
**Resposta 7a):**

**7a) – Nota obtida: \_\_\_\_\_**



**Pergunta 7b) (0,5 ponto – 0,2 cada constelação assinalada corretamente e 0,1 se explicado corretamente)** Em duas das figuras ao lado a Lua está projetada em constelações fora da faixa do zodíaco, onde, se você a vir ali, algo muito estranho terá acontecido com os movimentos celestes. **Assinale** com um **X** essas constelações (abaixo) sobre as quais a Lua não pode ser vista da Terra. **Explique o porquê.** (As constelações e a Lua estão fora de escalas relativas)

**Resposta 7b):**



**7b) – Nota obtida: \_\_\_\_\_**

**AQUI COMEÇAM AS QUESTÕES DE ASTRONÁUTICA. BOA SORTE PARA VOCÊ AQUI TAMBÉM!**

**Questão 8) (1 ponto) Comentários:** Os foguetes de sondagem são aqueles que, não possuindo a energia suficiente para fornecer a velocidade orbital de 28.000 km/h à sua carga-útil, atingem uma altitude máxima e retornam à Terra por ação da gravidade. Eles têm a missão de levar uma carga-útil até uma altitude requerida, ou prover uma certa permanência acima de determinada altitude. A Figura ilustra a trajetória e as etapas de voo de um foguete de sondagem. As medidas de tempo e distância mostradas estão fora de escala. O foguete é lançado formando um ângulo de 85° com a horizontal. A este ângulo denomina-se **elevação**. Um aspecto importante a ser observado na Figura diz respeito ao fato de que, na sua maior parte, o voo é não propulsado. No exemplo apresentado abaixo, o propulsor funciona por apenas 62 segundos findos os quais o foguete estará voando a 9.500 km/h, numa altitude de 65 km. Consumido o propelente, o motor-foguete é desacoplado, caindo no mar. A partir desse instante a carga-útil voa única e exclusivamente por inércia. A esta fase de voo denomina-se voo não propulsado, durante a qual age contra o foguete a força de arrasto, apenas durante o voo atmosférico, e a força peso, durante todo o voo. O **arrasto** resulta do atrito do foguete com a atmosfera terrestre, a qual oferece resistência ao movimento. Um motociclista sabe muito bem o significado da força de arrasto agindo sobre si quando se move em alta velocidade. Na prática, o arrasto é limitado às camadas mais densas da atmosfera terrestre, ou seja, àquelas situadas abaixo de 90 km de altitude. Acima de 90 km considera-se a existência de vácuo e, por conseguinte, o arrasto é desprezível.

Com relação à força da gravidade, ela está presente durante todo o voo e sempre agindo no sentido de trazer o foguete de volta à superfície terrestre. Durante o voo ascendente, ela atua no sentido de retardar o movimento, chegando a anular a componente de velocidade na direção vertical, no ponto de máxima altitude. Neste instante do voo dizemos que o foguete atingiu seu apogeu (a maior distância em relação ao centro da Terra). A partir do apogeu a força da gravidade age no sentido de acelerar o foguete em direção à Terra. Durante o seu voo descendente, o foguete passa por duas etapas. Numa primeira etapa, entre o apogeu e a altitude de 90 km, o foguete é acelerado, alcançando a velocidade de 9.000 km/h. Entretanto, ao atingir as camadas superiores da atmosfera, o atrito entre o foguete e a atmosfera terrestre faz com que esta velocidade seja reduzida para 360 km/h! Essa fase de voo é denominada **reentrada atmosférica**. Em função do princípio da conservação da energia, a energia cinética é transformada em calor, criando um ambiente no entorno da carga-útil com temperaturas de 3.500 °C. Por essa razão, a superfície externa da carga-útil é dotada de um sofisticado sistema de proteção térmica. Quando o foguete está novamente próximo à superfície (aproximadamente 6 km de altitude), pára-quedas são acionados com o intuito de reduzir a velocidade de impacto. Pelo exposto, é possível concluir que o lançamento de um foguete de sondagem é uma tarefa complexa exigindo cálculos, simulações, análises e ensaios.

**Questão 8a) (0,25 ponto)** Baseado nas informações fornecidas determine: o apogeu (distância máxima acima do solo) da carga-útil e o tempo em que ele é alcançado.

**Resposta 8a):**

Apogeu = \_\_\_\_\_ km  
 Tempo = \_\_\_\_\_ segundos

**8a)- Nota obtida:** \_\_\_\_\_

**Questão 8b) (0,25 ponto)** O principal uso dos foguetes de sondagem é o de realizar experimentos de microgravidade. Microgravidade é a sensação de ausência de peso. Nos vãos suborbitais de foguetes de sondagem esta situação ocorre quando cessam a ação da força de arrasto e da força de empuxo, bem como qualquer movimento de rotação residual que o foguete possua em torno de si próprio. Durante este intervalo de tempo, da ordem de minutos, tudo aquilo que estiver solto no interior da carga-útil flutuará, de modo semelhante àquele observado quando do voo do astronauta brasileiro à Estação Espacial Internacional (ISS). Baseado nessas informações determine o tempo de microgravidade, em minutos, do voo ilustrado na Figura.

**Resposta 8b): Tempo de microgravidade = \_\_\_\_\_ minutos**

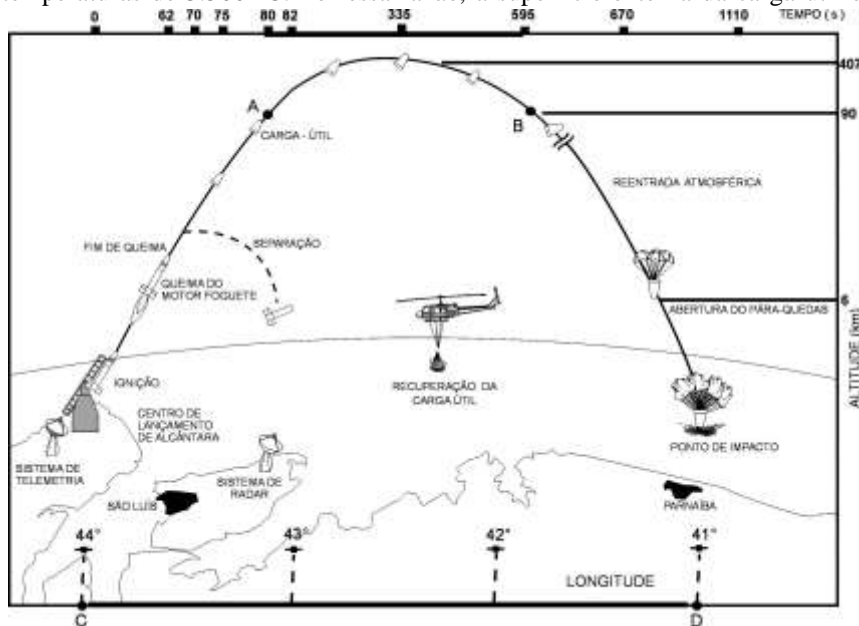
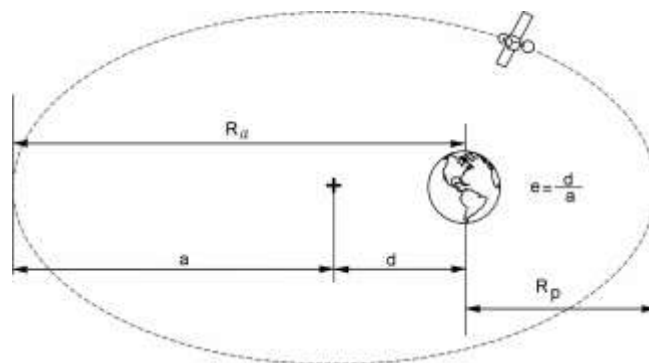
**8b) – Nota obtida:** \_\_\_\_\_

**Questão 8c) (0,5 ponto)** Alcance é a distância entre o ponto de lançamento (C)(mostrado no eixo horizontal) e o ponto de impacto da carga-útil (D), medida ao longo da superfície da Terra. Considerando a Terra uma esfera de raio de **6.400 km**, e assumindo que o voo mostrado na Figura esteja contido no plano do Equador, determine o alcance do foguete. Assuma  $\pi \approx 3$  e faça uso das informações contidas na Figura.

**Resposta 8c): Alcance = \_\_\_\_\_ km**

**8c) - Nota obtida:** \_\_\_\_\_

**Questão 9) (1 ponto) Comentários:** A Lua é o satélite natural da Terra, mas ela não está sozinha. Com o avanço da engenharia espacial no mundo, o homem colocou milhares de satélites em órbita da Terra. São os satélites artificiais que ajudam nas comunicações, na previsão do tempo e no acompanhamento do desmatamento da floresta amazônica. O caminho percorrido pelos satélites no espaço é denominado órbita. Em 1957, a antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) lançou o Sputnik, que foi o primeiro satélite artificial da Terra. Este lançamento comemora 50 anos em 2007. Em 1993, o Brasil colocou em órbita o SCD-1 (Satélite de Coleta de Dados 1), desenvolvido e fabricado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O SCD-1



encontra-se em operação até hoje. Da mesma forma que os planetas giram em torno do Sol, os satélites também giram em torno da Terra em órbitas elípticas. Para definir uma órbita elíptica em um plano é necessário especificar dois parâmetros. Um deles é o semi-eixo maior da elipse (**a**). Outro parâmetro é a excentricidade (**e**), definida como  $e = \frac{d}{a}$ , onde (**d**) é a distância do centro da elipse até um de seus focos, neste caso a Terra. O ponto da órbita no qual o satélite está mais distante da Terra chama-se apogeu (**R<sub>a</sub>**), enquanto perigeu é o ponto no qual o satélite mais se aproxima da Terra (**R<sub>p</sub>**). Mostramos na figura acima os parâmetros **a**, **d**, **R<sub>a</sub>** e **R<sub>p</sub>**.

Da geometria que você aprendeu na escola, essas grandezas são relacionadas da seguinte forma: **R<sub>a</sub>** = **a** × (1 + **e**) e **R<sub>p</sub>** = **a** × (1 - **e**). Assumindo uma órbita com semi-eixo maior de 5.000 km e excentricidade 0,3 **calcule**:

**Questão 9a) (0,25 ponto)** O Raio do apogeu (**R<sub>a</sub>**)

**Resposta 9a): R<sub>a</sub>** = \_\_\_\_\_ km

**9a) - Nota obtida:** \_\_\_\_\_

**Questão 9b) (0,25 ponto)** O Raio do Perigeu (**R<sub>p</sub>**)

**Resposta 9b): R<sub>p</sub>** = \_\_\_\_\_ km

**9b) - Nota obtida:** \_\_\_\_\_

**Questão 9c) (0,5 ponto)** Assumindo que o raio da Terra seja de 6.400 km, verifique, baseado nas informações fornecidas e nos cálculos já efetuados, se a órbita dada colide com a superfície da Terra. **Atenção: você precisa justificar a sua resposta.**

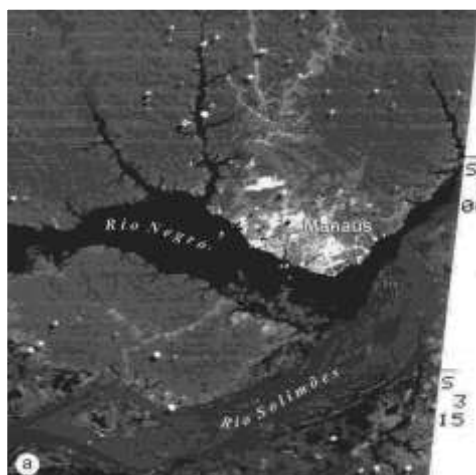
**Resposta 9c):**

**9c) – Nota obtida:** \_\_\_\_\_

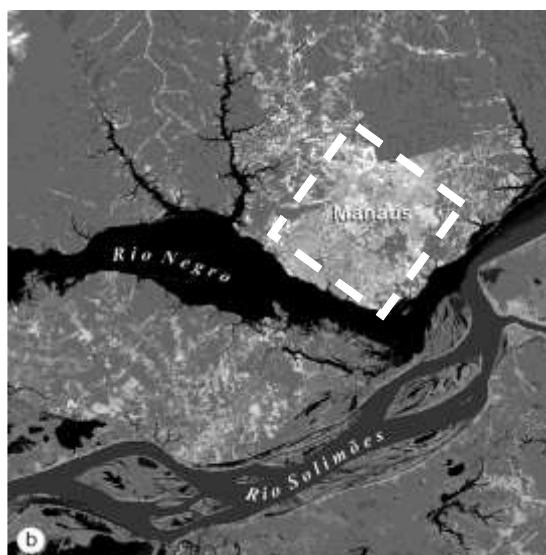
**Questão 10) (1 ponto) Comentários:** As imagens de satélite podem ser utilizadas no estudo e monitoramento de objetos e fenômenos na superfície terrestre. A partir da análise de imagens de satélite é possível fazer a previsão do tempo, estudar fenômenos oceânicos, detectar e monitorar furacões, inundações, queimadas e desmatamentos. Além disso, é possível estimar safras agrícolas e gerar vários tipos de mapas: geológico, de solo, vegetação, uso da terra e expansão urbana, entre outros. Um exemplo do potencial da aplicação das imagens de satélite pode ser observado pela comparação das imagens de Manaus, capital do estado do Amazonas, obtidas do satélite americano LANDSAT nos anos de 1973 e 2001. A comparação entre estas duas imagens mostra a alteração na cobertura e uso da terra desta região, destacando-se o aumento da área urbana de Manaus.

**Questão 10a) (0,5 ponto)** Com base nas variações de tonalidade de cinza e forma, que representam os diferentes tipos de cobertura e uso da terra, associe as imagens **a** e **b** aos respectivos anos. **Atenção: você precisa justificar a sua resposta.**

**Justificativas:**



**Imagem (a) do ano:** \_\_\_\_\_



**10a) - Nota obtida:** \_\_\_\_\_

**Questão 10b) (0,5 ponto)** Conhecendo a escala da imagem (proporção entre as dimensões reais de um objeto e suas dimensões de sua apresentação na imagem) é possível medir distâncias e calcular áreas. Considerando que a escala da imagem mostrada é de 1.000.000 (cada 1cm na imagem corresponde a 1.000.000 cm no terreno) calcule a área real ocupada pela região tracejada mostrada na figura da direita. Para tanto, assumo que a mesma seja um quadrado com 2 cm de lado. **A sua resposta deve ser dada em km<sup>2</sup>.**

**Resposta 10b): Área** = \_\_\_\_\_ km<sup>2</sup>

**10b) - Nota obtida:** \_\_\_\_\_