

CONCEPÇÕES DE ESTUDANTES UNIVERSITÁRIOS SOBRE AS FASES DA LUA

Maria de Fátima Oliveira Saraiva¹
Fernando Lang da Silveira²
Maria Helena Steffani³

Resumo. Neste artigo descrevemos a elaboração de um teste de múltipla escolha sobre as fases da Lua e analisamos os resultados de sua aplicação em dez grupos de estudantes de Física da UFRGS. Durante o aprimoramento do teste notamos que a porcentagem de acertos a respeito de alguns conceitos teve um aumento significativo associado à reformulação da pergunta, ressaltando a importância de tomar cuidado para evitar respostas erradas geradas por perguntas pouco claras e não por ignorância do respondente sobre o assunto. Confirmamos os resultados de outros estudos de que as maiores dificuldades dos alunos sobre o tema Fases da Lua dizem respeito a relacionar a fase que a Lua apresenta com a sua posição no céu em determinada hora. Por outro lado, nossos resultados sugerem que, em geral, os estudantes de Física entendem melhor o fenômeno das fases lunares do que a média dos estudantes universitários.

Palavras-chave: Fases da Lua. Testes de conhecimento. Ensino superior. Pré-concepções em Astronomia.

CONCEPCIONES DE ESTUDIANTES UNIVERSITÁRIOS SOBRE LAS FASES DE LA LUNA

Resumen. En este artículo se describe la elaboración de una prueba de opción múltiple sobre las fases de la Luna y se analizan los resultados de su aplicación en diez grupos de estudiantes de Física de UFRGS. Durante el mejoramiento de la prueba observamos que el porcentaje de aciertos creció considerablemente cuando considerada una nueva redacción de la pregunta, destacando el cuidado que se debe tomar a fin de evitar respuestas incorrectas generadas por preguntas poco claras y no a causa de la ignorancia de los estudiantes sobre el tema. Confirmamos los resultados de otros estudios que las mayores dificultades de los alumnos sobre el tema fases de la Luna están en relacionar la fase de la Luna con su posición en el cielo en determinado momento. Por otra parte, nuestros resultados sugieren que, en general, los estudiantes de la Física comprenden mejor el fenómeno de las fases lunares que el promedio de los estudiantes universitarios.

Palabras-clave. Fases de la Luna. Pruebas de conocimiento. Educación superior. Pre-concepciones en Astronomía.

UNIVERSITY STUDENTS' CONCEPTIONS ABOUT THE MOON PHASES

Abstract. In this article we describe the development of a multiple choice test about lunar phases and analyze the results of its application to ten groups of Physics students at the UFRGS. During the improvement of the test, we noticed that the percentage of right answers about some concepts increased significantly when associated with the reformulation of the question, emphasizing the importance of being careful to avoid incorrect answers generated by unclear questions, and not by ignorance on the matter. We confirm the results of other studies that show that students have great difficulty to relate the Moon's phase with its position in the sky at given time. On the other hand, our results suggest that, in general, students of Physics understand the phenomenon of lunar phases better than the average of university students.

Keywords: Moon phases. Knowledge tests. Higher education. Preconceptions in Astronomy.

¹ Instituto de Física da UFRGS - Porto Alegre, RS, Brasil. e-mail: fatima@if.ufrgs.br

² Instituto de Física da UFRGS - Porto Alegre, RS, Brasil. e-mail: lang@if.ufrgs.br

³ Instituto de Física da UFRGS - Porto Alegre, RS, Brasil. e-mail: steffani@if.ufrgs.br

1. Introdução

A Lua é o objeto astronômico mais próximo de nós e o mais brilhante depois do Sol. Desde os tempos mais remotos é importante referência cultural nos mais diversos ramos da atividade humana, e a regularidade de seu ciclo de fases serviu de base para a medição do tempo e para a construção de calendários. A causa dessas fases foi explicada por Aristóteles mais de 300 anos antes da era cristã, constituindo um dos conhecimentos mais antigos e básicos da ciência. Ao mesmo tempo, este parece ser um dos conceitos da astronomia mais difícil de ser compreendido de forma completa por pessoas de diferentes idades. Os diversos estudos sobre o assunto feitos nos últimos vinte anos com crianças (e.g. BAXTER 1989, BARNETT & MORRAN, 2002, STAHLY *et al.*, 1999, SCARINCI & PACCA, 2006), adolescentes (IACHEL *et al.*, 2008; GANGUI *et al.*, 2010) e adultos (e. g. CAMINO, 1995, PARKER & HEYWOOD, 1998, TRUMPER, 2001, LINDELL & OLSON, 2002, PEDROCHI & NEVES, 2005, TREVISAN & PUZZO, 2006, MULHOLLAND & GINNS, 2008), mostram que muitas concepções equivocadas a respeito da Lua e dos eclipses são fortemente arraigadas e resistentes à mudança.

Um erro muito frequente na explicação das fases da Lua é a ideia de que elas são causadas pela sombra da Terra (KAVANAGH *et al.*, 2005), numa evidente confusão com eclipse lunar, pelo que Stahly *et al.* (1999) a chamaram de “*eclipse explanation*” (algo como “explicação do eclipse”). O trabalho de Stahly *et al.* envolveu apenas crianças pequenas, mas essa ideia é compartilhada por muitos estudantes universitários e outros adultos.

Tratando-se de estudantes universitários, um dos trabalhos mais completos a respeito de concepções sobre fases da Lua é o *Lunar Phase Concept Inventory* (LPCI), um teste de 20 questões desenvolvido para mapear diferentes aspectos de modelos mentais sobre fases da Lua em estudantes de nível superior (LINDELL & OLSON, 2002). O LPCI foi aplicado em cerca de 700 estudantes em 5 instituições norte-americanas diferentes. Entre as maiores dificuldades desses estudantes em relação às fases da Lua esteve o estabelecimento da relação entre a fase da Lua e o período do dia em que ela aparece no céu e a causa da Lua Nova (apresentam a “explicação do eclipse”).

No Brasil, em um dos poucos trabalhos tratando esse tema com estudantes universitários, Pedrochi & Neves (2005), também detectaram a dificuldade de explicar a Lua Nova entre os estudantes por eles entrevistados.

Há três anos iniciamos uma tentativa de detectar o grau de compreensão de alunos de graduação em Física da UFRGS sobre esse fenômeno. Embora a maioria dos educadores concorde que a maneira ideal de fazer esse tipo de sondagem seja através de entrevistas individuais, é reconhecida a pouca praticidade disso quando se deseja atingir um número grande de pessoas; nesses casos, o teste de múltipla escolha torna-se uma boa opção, embora a própria elaboração do teste pressuponha um levantamento prévio das concepções alternativas mais frequentes (SILVEIRA *et al.*, 1992, LINDELL & OLSON, 2002).

Como todo instrumento de avaliação, a elaboração de testes de múltipla escolha exige muito esforço por parte do elaborador: é preciso ter amplo domínio conceitual, definir claramente os objetivos de cada questão, ser capaz de criar opções com coerência científica e conhecer o perfil do público alvo. Entretanto, frequentemente o elaborador das questões é surpreendido com interpretações bem diversas das que ele

imaginou ao escrevê-las. Dependendo do conteúdo que está sendo avaliado no teste, a interpretação por parte dos respondentes pode ser fortemente influenciada por suas vivências pessoais. Também tem que ser levado em conta que nem todos os respondentes têm a mesma motivação e nem respondem ao teste com a mesma seriedade; principalmente em questões mais difíceis é grande a probabilidade de a resposta ser dada ao acaso, reduzindo a sua confiabilidade. Assim, a elaboração de um teste de múltipla escolha é um processo complexo, que geralmente exige avaliação e aperfeiçoamento do instrumento após cada aplicação. O presente trabalho ilustra esse processo de elaboração de um teste sobre as fases da Lua e sua aplicação em dez grupos de estudantes universitários, apresentando indicadores de validade e fidedignidade do mesmo.

Na sessão 2 explicamos como o teste foi elaborado, os conceitos nele explorados e como ele evoluiu ao longo de dois anos de aplicação; na sessão 3 analisamos os resultados da aplicação sob três pontos de vista diferentes: o desempenho dos alunos frente a diferentes formulações de uma mesma questão (3.a), o desempenho de uma turma de alunos antes e depois do ensino (3.b) e o desempenho de um grupo maior frente à última versão do teste (3.c). Na sessão 4 resumimos nossos principais resultados e conclusões. A versão atual do teste é apresentada no Apêndice.

2. O teste

Na elaboração do teste nos baseamos fortemente no *Lunar Phase Concept Inventory* (LPCI) de Lindell & Olson (2002), porém sem a preocupação de seguir os preceitos da teoria de análise de modelos (BAO & REDISH 2006)¹ em que esse teste se baseia. Assim, reduzimos o número de questões e o número de alternativas em cada questão, de maneira a deixar o teste mais compacto para evitar possíveis desânimos por parte dos estudantes frente a um teste demasiado longo, o que provavelmente aumentaria a vontade de responder ao caso. Das questões do LPCI que mantivemos, algumas foram bastante modificadas e/ou adaptadas ao hemisfério sul². Também, acrescentamos duas questões sem equivalente no LPCI.

Durante quatro semestres letivos consecutivos (de 2007/2 a 2009/1) aplicamos os testes a diferentes turmas de estudantes, analisando os resultados, discutindo as questões com os alunos, colhendo suas opiniões e solicitando críticas e revisões pelos colegas professores, de forma a aprimorar o instrumento e a validar o conteúdo. Como resultado desse processo, o teste sofreu diversas modificações até a versão apresentada no Apêndice, mas os aspectos conceituais abordados se mantiveram os mesmos desde a primeira versão: orientação Sol –Terra - Lua em cada fase da perspectiva geocêntrica e da perspectiva espacial; causa da Lua Nova; ciclo de fases (duração de uma fase e tempo para repetir a mesma fase); período orbital da Lua em relação à Terra (período sinódico da Lua); fases da Lua em que acontecem eclipses; direções onde a Lua nasce e se põe; efeito da variação do lugar da Terra de onde se observa a Lua sobre sua fase;

¹ Essa despreocupação não foi por desmerecer tal tipo de análise, mas apenas por não termos conhecimento dela à época em que elaboramos e aplicamos os testes.

² Embora o LPCI já tivesse sido anteriormente adaptado para o hemisfério sul por Mulholland e Ginns (2008), não tínhamos conhecimento dessa versão à época em que elaboramos e aplicamos os testes.

relação entre fase, localização no céu e hora em que a Lua pode ser vista; razão de vermos sempre a mesma face da Lua.

Os oito primeiros desses conteúdos estão entre os “domínios conceituais” abrangidos no LPCI; o último não é abordado naquele teste, mas consideramos importante incluí-lo visto tratar de uma peculiaridade da Lua bastante divulgada pelos meios de comunicação (muito se fala, impropriamente, no “lado escuro” da Lua) e ter uma explicação interessante para estudantes de Física.

Três versões diferentes do teste, que chamaremos versão 1, versão 2 e versão 3, foram aplicadas a diferentes turmas de estudantes cursando a disciplina “Fundamentos de Astronomia e Astrofísica” (Fis02010), oferecida no segundo semestre dos cursos de Bacharelado em Física e de Licenciatura em Física, na UFRGS.

A versão 1, com 12 questões, foi aplicada no segundo semestre de 2007. A versão 2, modificada e ampliada para 14 questões, foi aplicada no primeiro semestre 2008. A versão 3, apresentada no Apêndice, difere da anterior apenas por um esclarecimento adicional na questão 1 e pela introdução de mais uma questão, totalizando 15 itens. Essa última versão foi aplicada nos semestres 2008/2 e 2009/1.

No quadro 1 listamos os conceitos abordados ao lado dos itens do teste (número da questão) associados a cada um deles em cada uma das três versões aplicadas.

Quadro 1. *Conceitos abordados no teste*

Conceito abordado	Número da questão associada		
	Versão1 (2007/2)	Versão2 (2008/1)	Versão3 2008/2- 2009/1
Orientação entre Sol, Terra e Lua em cada fase	1 e 12	1 e 2	1 e 2
Causa da Lua Nova	2	3	3
Ciclo de fases: frequência e duração de uma fase	6 e 11	4, 9 e 12	4, 10 e 13
Período orbital da Lua	4	5	5
Fase da Lua e eclipses	5	6	6 e 7
Direções onde a Lua nasce e se põe	7	7 e 11	8 e 12
Relação entre fase, localização no céu e hora em que a Lua pode ser vista	8 e 9	8 e 10	9 e 11
Efeito da variação do lugar da Terra Onde se observa a Lua sobre sua fase	10	13	14
Causa de vermos sempre a mesma face da Lua	3	14	15

3. Resultados

Como mencionado na introdução, o teste sofreu diversas modificações entre a sua primeira aplicação e a versão atual. As modificações foram feitas sempre procurando tornar as questões mais claras de forma a minimizar a possibilidade de que respostas erradas fossem dadas devido a problemas de entendimento relativos à raiz da questão.

No primeiro subitem desta sessão comparamos as respostas dos alunos ao mesmo conteúdo perguntado de formas diferentes. No segundo subitem avaliamos a diferença entre as concepções de um grupo de alunos antes e depois de uma aula sobre fases da Lua e eclipses; no terceiro subitem procuramos fazer um levantamento das concepções sobre fases das Lua para uma amostra maior de estudantes, utilizando o teste em sua última versão.

Toda a análise estatística foi feita usando o pacote estatístico SPSS – versão 15.

3.1 Comparações do desempenho de grupos semelhantes frente a diferentes formulações das questões

Neste item comparamos o desempenho de três turmas da disciplina “Fundamentos de Astronomia e Astrofísica”, do turno matutino, nos semestres 2007/2, 2008/1 e 2009/1 respectivamente. Os testes foram aplicados nas mesmas condições (como pré-teste), pela mesma professora, sendo que em cada turma foi usada uma versão mais atualizada do teste: versão 1 em 2007/2, versão 2 em 2008/1 e versão 3 em 2009/1.

Na turma de 2007/2, 20 alunos responderam ao questionário; na turma de 2008/1, 17 alunos o fizeram e na turma de 2009/1, 15 alunos responderam. Assumimos que os grupos sejam inicialmente semelhantes, uma vez que todos são compostos de estudantes no começo do curso de Física diurno da UFRGS.

Na Figura 1 apresentamos o histograma da porcentagem de acertos por questão para as 12 questões que faziam parte do teste nas três versões (2007, 2008 e 2009), seguindo a numeração das questões na versão 1.

A Figura 1 mostra que a proporção de acertos por questão cresceu na maioria das questões da primeira à terceira versão. No entanto, aplicando o teste de Kruskal Wallis - um teste de significância estatística não paramétrico adequado a tal comparação (SIEGEL, 1975) - encontramos que esse crescimento só é estatisticamente significativo em nível de significância igual ou inferior a 5% (ou seja, com chance de que esse crescimento seja devido ao acaso igual ou menor do que 5%), nas questões 1, 6 e 12, com níveis de significância de 2,2%, 0,0% e 0,9%, respectivamente.

O coeficiente alfa de Cronbach³ para o escore total nas doze questões, calculado para esses três grupos, resulta em 0,64, significando que a fidedignidade do escore total é razoável. Usualmente se admite coeficientes maiores do que 0,6 quando vamos utilizar o teste para fazer comparações entre grupos.

³ O coeficiente alfa de Cronbach é uma medida da fidedignidade (consistência interna) do teste e pode assumir qualquer valor no intervalo fechado entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo à unidade, maior é a fidedignidade.

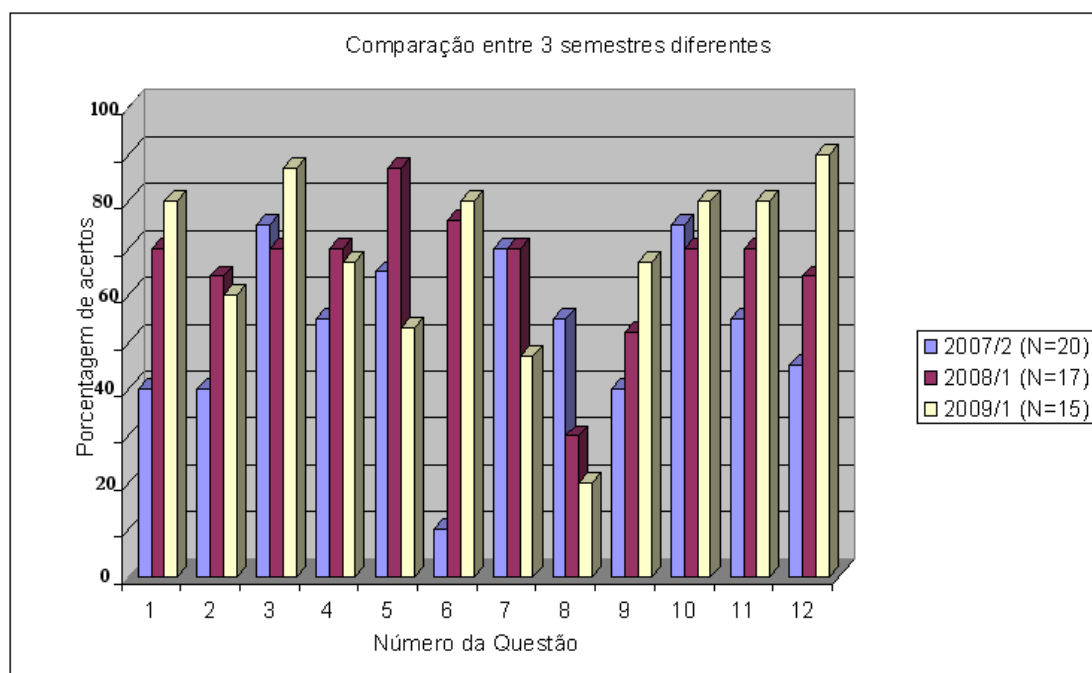


Figura 1. Comparação entre a porcentagem de acertos por questão em três versões do teste aplicada em três semestres diferentes para turmas semelhantes. A escala vertical do gráfico varia entre 0 e 100%. O número da questão, apresentada no eixo horizontal, se refere à versão 1, com 12 questões. Na legenda, N é o número de respondentes.

Considerando que os grupos são semelhantes, atribuímos a melhora no desempenho principalmente ao melhor entendimento das questões nas suas formulações mais recentes. A seguir comentamos as modificações feitas nas três questões para as quais os resultados foram significativos estatisticamente. Nessa análise vamos identificar as questões pelo seu número na primeira versão.

Questão 1 (corresponde à questão 2 da versão 3, apresentada no Apêndice). Conceito abordado: orientação Terra-Sol-Lua em cada fase da perspectiva espacial.

A pergunta foi alterada de: “Qual das seguintes configurações corresponde à Lua Nova?”, na versão 1 (aplicada em 2007/2) para “Qual das seguintes orientações do sistema Terra-Lua em relação aos raios solares corresponde à Lua Cheia?”, nas versões 2 e 3 (aplicadas em 2008/1 e 2009/1, respectivamente).

Comparando o índice de acertos nessa questão em 2008/1 com a questão correspondente aplicada aos alunos do mesmo curso no semestre anterior, para aproximadamente o mesmo número de alunos (20 em 2007/2, 17 em 2008/1) a proporção de acertos no pré-teste mudou de 40% para 70%. Em 2009/1 a proporção de acertos teve pouca variação em relação a 2008/1.

Isso sugere que o baixo índice de acertos na primeira aplicação do teste pode estar relacionado ao uso do termo “configuração”, provavelmente um termo não familiar para os alunos.

Questão 6 (corresponde à questão 4 da versão 3, apresentada no Apêndice). Conceito abordado: duração das fases.

Nesta questão procuramos verificar se os estudantes têm conhecimento de que a fase da Lua muda dia a dia, e não apenas uma vez por semana.

O enunciado da questão - “*Qual a frequência com que ocorre a Lua Nova*” - não mudou em relação ao semestre anterior, o que mudaram foram as alternativas. Na versão 1 as alternativas eram: “*a) todos os dias; b) um dia por semana; c) um dia por mês, d) sete dias por mês*”. Nas versões 2 e 3 as alternativas são: “*a) uma vez por semana; b) uma vez por mês; c) uma vez a cada duas semanas; d) sete vezes por mês.*”

Comparando o índice de acertos nessa questão nos semestres 2007/2 e 2008/1, a proporção de acertos no pré-teste aumentou de 10% para 70%. No semestre 2007/2, todos os alunos que erraram marcaram que a lua nova acontece sete dias por mês. Nos dois semestres seguintes a porcentagem de acertos ficou em 90% (+/- 5,5). Isso indica que as alternativas na nova formulação desfazem em parte a confusão gerada entre os respondentes se a pergunta se refere ao número de dias correspondentes a cada fase no calendário comum, no qual a Lua aparece como em fase nova durante uma semana, ou se a pergunta se refere à fase real da Lua, que muda notavelmente de dia para dia. Essa se revelou ser uma das perguntas mais difíceis de elaborar de maneira a identificar a real concepção do aluno.

Questão 12 (corresponde à questão 1 da versão 3). Conceito abordado: orientação Terra-Sol-Lua em cada fase da perspectiva da Terra.

Nesta questão procuramos identificar se o estudante associa o lado iluminado da Lua com o lado que está voltado para o Sol.

A versão atual mostra uma foto da Lua em fase quarto crescente; o enunciado do problema diz: “*Ao entardecer de certo dia, você vê a Lua com a aparência da figura abaixo bem acima do horizonte norte. Nesse instante o Sol está (a) para o oeste; (b) para o leste; (c) para o norte; (d) para o sul.*”

A versão 1 dizia no enunciado: “*Imagine que, em certo dia, em determinada hora, você olha para o norte e vê a Lua bem alta no céu, com a forma esquematizada na figura abaixo (a parte iluminada é a parte branca). Nesse instante o Sol está (a) para o oeste; (b) para o leste; (c) para o norte; (d) para o sul.*” A figura mostrada está reproduzida abaixo, à esquerda (Figura 2-a).

O índice de acertos nessa questão foi de apenas 45%, surpreendentemente baixo frente à simplicidade do conceito abordado. Na segunda versão do teste optamos por apresentar uma foto da Lua em quarto crescente (Figura 2-b) em vez de um desenho, pois, apesar de termos esclarecido na versão anterior que o lado iluminado da Lua era o lado claro, queríamos descartar a possibilidade de que os alunos escolhessem a alternativa errada por pensarem que o lado iluminado era o lado hachurado. Além disso, alteramos o enunciado da questão para “*Ao entardecer de um certo dia, você vê a Lua, com a aparência da figura abaixo, bem acima do horizonte norte. Nesse instante o Sol está (a) para o oeste; (b) para o leste; (c) para o norte; (d) para o sul.*”

A proporção de acertos aumentou para 64%, que consideramos ainda baixo. Suspeitando que os alunos pudessem estar se confundindo a respeito dos pontos cardeais, optamos por acrescentar, na terceira versão do teste, um desenho esquematizando os pontos cardeais (Figura 2-c), ao lado da foto da Lua, e novamente alteramos o enunciado, que ficou: “*A primeira figura abaixo mostra a orientação dos pontos cardeais no horizonte e uma pessoa voltada para a direção norte. Imagine que essa pessoa está vendo a Lua bem alta no céu à sua frente, e que a Lua aparece como na foto ao lado. Nesse mesmo instante o Sol está: (a) para o oeste; (b) para o leste; (c) para o norte; (d) para o sul.*”

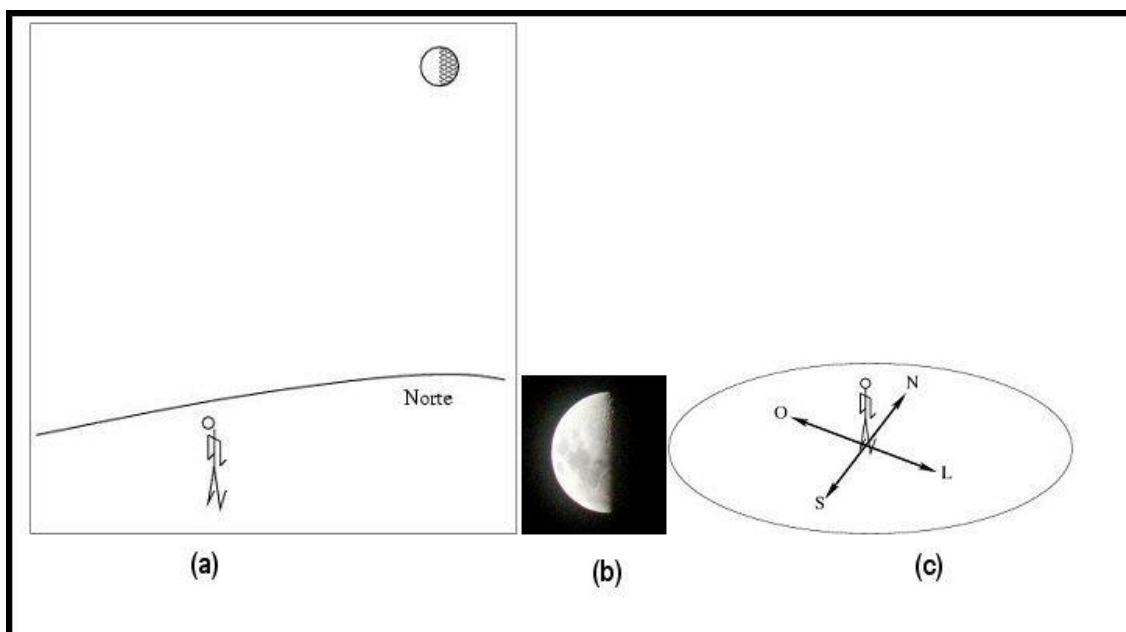


Figura 2. (a) Ilustração da questão de número 12 da versão 2 do teste, correspondente à questão 1 da versão 3. (b) Ilustração da questão correspondente versão 2; (c) Ilustração acrescentada na mesma questão, na versão 3.

A proporção média de acertos nessa questão, entre quatro turmas diurnas dos dois semestres seguintes, foi de 90,6%. A dispersão da proporção foi de 7,6% entre as turmas.

Isso indica que a grande maioria dos estudantes associa corretamente o lado iluminado da Lua com o lado voltado para o Sol, e que o baixo percentual de acertos apresentados nas duas primeiras versões provavelmente foi originado pelo desconhecimento sobre os pontos cardeais, e não sobre o que realmente estava sendo perguntado. Isso evidencia o cuidado necessário na elaboração de questionários desse tipo para evitar que o questionamento não envolva supostos conhecimentos anteriores necessários ao seu entendimento. E também evidencia a dificuldade dos estudantes de se orientar pelos pontos cardeais.

Um resultado contrário ao que esperávamos foi o da questão 8 (correspondente à versão 9 da versão 3) em que o desempenho foi pior a cada nova versão. Embora tal piora possa ter sido apenas flutuação estatística, dado que a diferença somente é significativa em nível superior a 5%, julgamos merecer o comentário que se segue.

O conceito abordado nessa questão é a identificação da fase pela aparência da Lua e pela sua localização no céu em determinada fase. O enunciado permaneceu o mesmo nas três versões: “*Em relação à questão anterior, qual a fase da Lua?*”, mas mudamos as alternativas; na primeira versão as opções eram: “(a) *Crescente, entre Nova e Quarto Crescente. (b) Crescente, entre Quarto Crescente e Cheia. (c) Minguante, entre Cheia e Quarto Minguante. (d) Minguante, entre Quarto Minguante e Nova.*”

Nas versões seguintes, as alternativas eram apenas: “(a) *Entre Nova e Quarto Crescente. (b) Entre Quarto Crescente e Cheia. (c) Entre Cheia e Quarto Minguante. (d) Entre Quarto Minguante e Nova.*”

A razão da alteração foi procurar diminuir a chance de interpretação equivocada da questão: sabendo que muitas pessoas chamam de fase crescente apenas o período após o Quarto Crescente, e de minguante apenas o período após o Quarto Minguante, pensamos que as alternativas, da maneira como estavam formuladas na primeira versão, podiam levar alguns estudantes a descartarem as alternativas (a) e (c), simplesmente por acharem que essas alternativas eram compostas de frases erradas, ou seja, que fossem alternativas maliciosas. No entanto, aparentemente, as alternativas na formulação final adotada ficaram mais difíceis de serem entendidas. Uma possível explicação é que os nomes “Quarto Crescente” e “Quarto Minguante” não sejam familiares para os alunos, mas isso terá que ser melhor investigado.

3.2 Comparação do desempenho de um mesmo grupo antes e depois do ensino sobre as Fases da Lua

Neste parágrafo analisamos apenas o desempenho de uma turma de alunos da disciplina de “Fundamentos de Astronomia e Astrofísica” em três momentos diferentes do semestre 2008/1: no primeiro mês do curso, antes da aula sobre Fases da Lua e Eclipses (pré-teste); no primeiro mês do curso, após a aula sobre Fases da Lua e Eclipses (primeiro pós-teste) e no último mês do curso (segundo pós-teste) quando os alunos já haviam feito as provas da primeira área, incluindo o assunto em questão, e também da segunda área, onde esse assunto não mais foi abordado. Optamos por realizar esse segundo pós-teste para comparar a evolução do desempenho após assistir uma aula, apenas, e após estudar para uma prova. Além do mais, ao retomar o teste após um mês desde o último contato com o assunto em aula (no caso, a primeira prova), esperávamos verificar se houve retenção da aprendizagem.

O pré-teste e a aula sobre o assunto foram aplicados em um mesmo período de 1h40min. A aula foi expositiva, usando como material didático uma bolinha de isopor e uma lâmpada para simular as fases, além de fotos, figuras e animações que fazem parte do hipertexto <http://astro.if.ufrgs.br/lua.htm>. Para ilustrar os eclipses também mostramos um software que simula eclipses (<http://www.if.ufrgs.br/cref/ntef/astronomia/simuladoreclipses.html>).

A comparação dos três testes, aluno por aluno, está na Figura 3. Como nem todos os alunos participaram de todos os testes, algumas colunas da figuras estão zeradas, indicando que o aluno não estava presente no dia do teste.

De fato apenas nove alunos responderam ao questionário nas três vezes. A figura 4 apresenta as médias dos totais de acertos nas quinze questões, bem como o erro padrão da média, nas três aplicações do teste. A comparação entre estes três conjuntos de escores foi realizada pelo teste de Friedmann (Siegel, 1975), detectando diferenças estatisticamente significativas em nível de significância de 0,3%. Para localizar as diferenças utilizou-se o teste de Kruskal Wallis (Siegel, 1975), que mostrou que o progresso dos alunos apresentado entre o pré-teste e o pós-1 (primeiro pós-teste) é significativo no nível 0,5%, sendo maior ainda na comparação entre o pré e o pós-2 (segundo pós-teste), com nível de significância de 0,07%. Entretanto, a diferença entre os dois pós-testes tem nível de significância de 18%, o que indica grande chance de ter ocorrido por acaso.

Adicionalmente aplicou-se o teste de Kruskal Wallis com todos os alunos que responderam a cada par de aplicações do questionário (portanto envolvendo mais de 9 alunos em cada comparação). Os resultados são qualitativamente os mesmos: diferença

entre pós1 e pré (nível de significância de 1,3%), pós-2 e pré (nível de significância de 1,5%) e entre pós-2 e pós-1 sem diferença estatisticamente significativa (nível de significância de 41%).

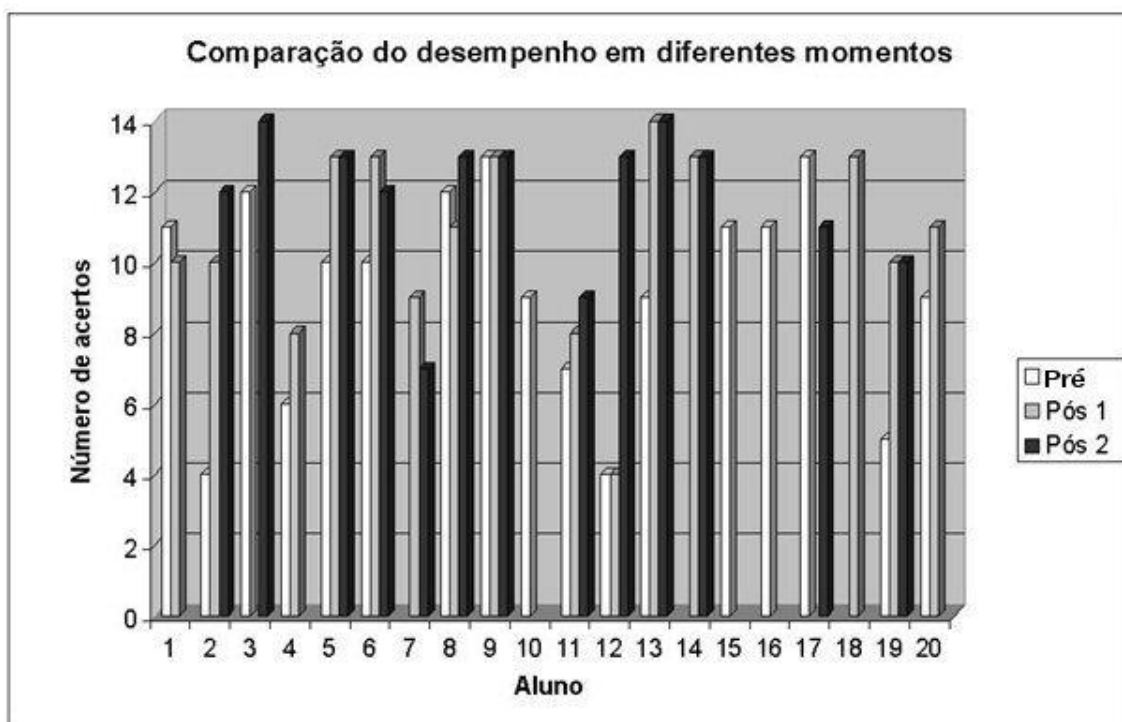


Figura 3: Comparação entre o desempenho dos alunos na versão 2 do teste, com quatorze questões, aplicado em três momentos diferentes: antes da aula sobre Fases da Lua e Eclipses (pré-teste); após a aula sobre Fases da Lua e Eclipses (pós-1) e dois meses depois (pós-2).

Por completude, ilustramos, na Figura 5, a porcentagem de acertos por questão em cada etapa dessa avaliação (pré-teste, pós-1 e pós-2). Abstemo-nos de comentar sobre as diferenças observadas por questão porque estas não têm significado estatístico devido ao pequeno número de respondentes em cada etapa (17, 15 e 13, respectivamente). Apenas o aumento geral no número de acertos pode ser considerado real.

3.3 Desempenho de um número maior de alunos na última versão do teste

A última versão do teste foi aplicada a quatro turmas diurnas e duas noturnas de Fis02010 nos semestres de 2008/2 e 2009/1, totalizando 85 respondentes. Os professores da disciplina não foram os mesmos para as diferentes turmas, e os testes foram aplicados antes ou depois da aula sobre fases da Lua, mas sempre antes da prova da primeira área.

O gráfico na Figura 6 mostra o número de acertos por questão nessa amostra de alunos. Nesta figura está representado na abscissa o número da questão correspondente à versão 3 do teste, com quinze questões.

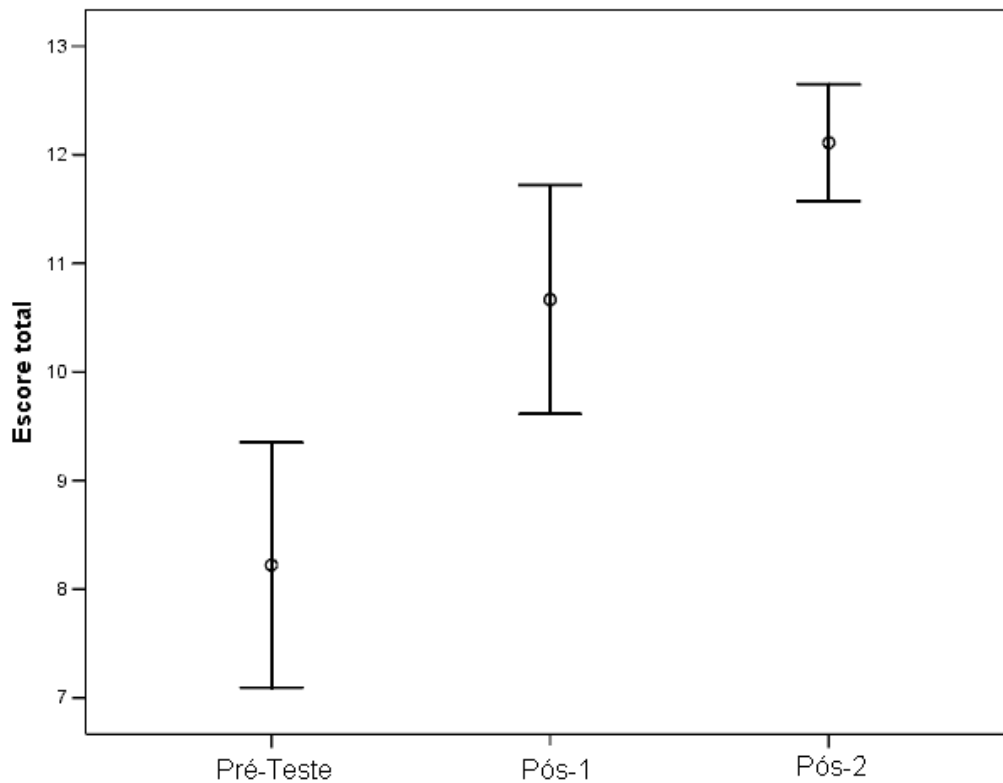


Figura 4: Médias do total de acertos nas quatorze questões e barras de erro nas três aplicações da versão 2 do teste, computando apenas os 9 alunos que responderam ao questionário nas 3 vezes.

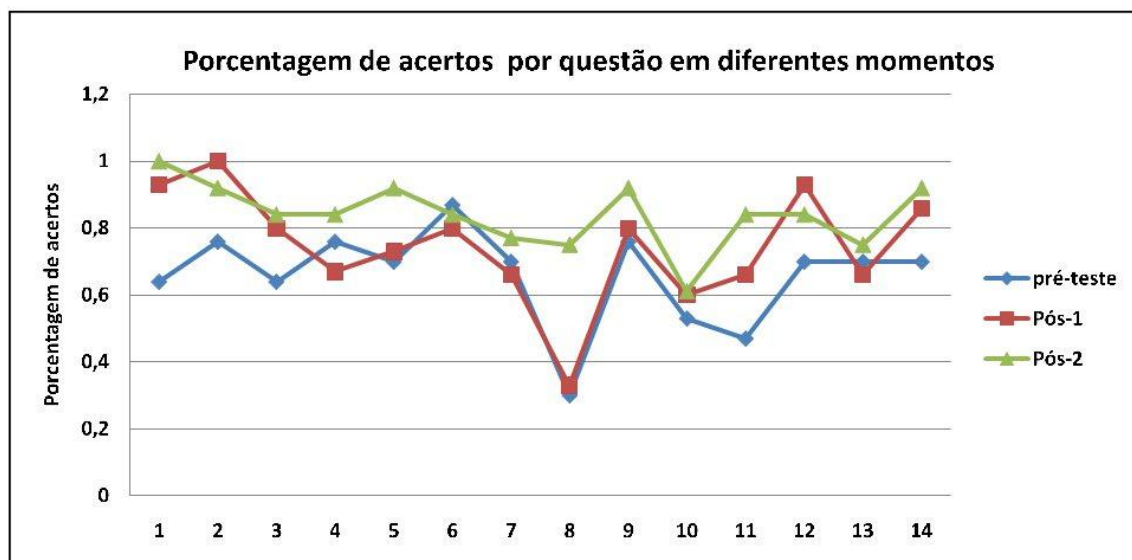


Figura 5: Porcentagem de acertos por questão nas três aplicações da versão 2 do teste, computando todos os alunos presentes em cada momento.

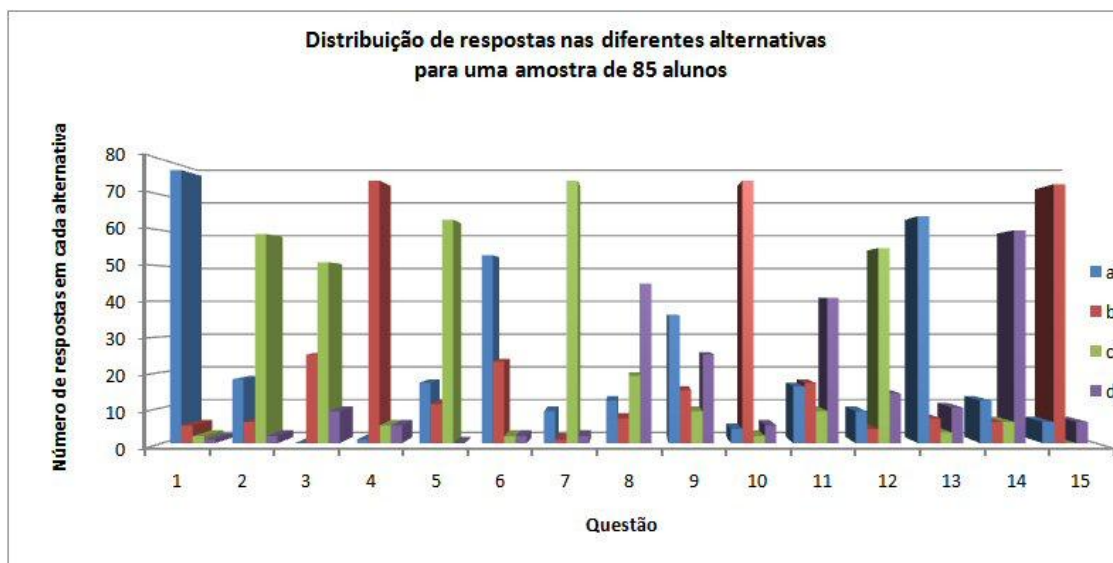


Figura 6. Distribuição de respostas para uma amostra de 85 alunos que responderam à terceira versão do teste. Na abscissa está representando o número da questão correspondente a essa versão; as legendas a, b, c, d, referem-se às alternativas de cada questão. Na ordenada está o número total de marcações (resposta escolhida) em cada alternativa. Em todas as questões, a alternativa correta obteve o número maior de marcações, correspondendo às barras mais altas.

A análise de consistência interna das 15 questões resultou em um coeficiente alfa de Cronbach, para o escore total, de 0,62, sendo este um coeficiente razoável. Apenas uma questão (a questão 9) apresentou coeficiente de correlação item-total baixo, isto é, se fosse eliminada do teste, determinaria um pequeno incremento no coeficiente alfa. Essa é mesma questão que apresentou desempenho decrescente (possivelmente em decorrência de mera flutuação estatística) a cada nova versão do teste, cf. comentado ao final da seção 3.1. Dado a validade de conteúdo do teste, resolvemos mantê-la nesta análise, mas ela deve ser revisada para aplicações futuras do teste.

Os resultados mostram que 90% dos alunos compreendem bem vários aspectos conceituais sobre as fases da Lua, tais como: a relação entre o lado que vemos iluminado da Lua e a direção do Sol no céu (questão 1), a frequência com que acontece determinada fase (questões 4 e 10), a causa do eclipse solar (questão 7) e a causa de vermos sempre a mesma face da Lua (questão 15). A causa da Lua Nova (questão 3) é explicada corretamente por 59% dos estudantes, sendo que 30% dos que erraram a questão optaram pela “explicação do eclipse” (alternativa b).

As questões em que eles tiveram pior desempenho (52%, 40% e 48% de acertos nas questões 8, 9 e 11, respectivamente) dizem respeito à relação entre a fase da Lua e a sua localização no céu em determinada hora, refletindo a falta de compreensão sobre o movimento da Lua no céu. Alguns alunos confessaram não terem nem idéia sobre em que lado do céu a Lua nasce, deficiência que é apresentada por 35% dos estudantes, de acordo com o número de acerto nas questão 12, que se refere unicamente a esse tópico.

A dificuldade de relacionar a fase da Lua com a hora e a posição no céu em que ela se encontra parece não ser facilmente sanada mesmo com o auxílio da observação: Mullholand & Ginns (2008) relatam que, embora esperassem que os estudantes entendessem melhor esse conceito após a observação, apenas 25% deles souberam dizer, no pós-teste, em que fase a Lua está quando ela nasce ao pôr do Sol. Esses autores concluem que o tempo dedicado à observação não foi suficiente para identificar

todos os padrões do ciclo, e/ou que as observações foram feitas de forma mecânica, sem prestar atenção na busca de padrões.

Pedrochi & Neves (2005) também constataram que muitos estudantes não conseguiram explicar as fases da Lua mesmo após a observação, dando preferência a respostas memorizadas em vez de respostas baseadas no que observaram.

É interessante observar que os estudantes por nós questionados, muitos deles tendo respondido ao questionário como pré-teste, tiveram um desempenho superior ao que os estudantes universitários americanos e professores australianos que participaram do LPCI tiveram no pós-teste: comparando as porcentagens médias de acertos em todas as questões semelhantes em nosso questionário e no LPCI, nosso resultado é 69%, comparado com 36% no pré e 49% no pós para a versão norte do LPCI (LINDELL & OLSON, 2006) e 32% no pré e 52% no pós na versão sul do LPCI (MULHOLLAND & GINNS, 2008).

Uma questão em que os estudantes de Física se saíram especialmente melhor do que o encontrado em outros estudos é a que aborda a rotação da Lua: um levantamento de concepções alternativas realizado por Zeilik *et al.* (1998), com 251 estudantes universitários de um curso de Astronomia Introdutória para não cientistas, apontou a questão relacionada à rotação sincronizada da Lua como de mais baixo desempenho tanto no pré-teste quanto no pós-teste. Resultado parecido foi encontrado por Trumper (2000), para 76 estudantes universitários de diferentes áreas. Da mesma forma, um grupo de 35 professores de ensino básico que responderam à versão 2 do presente teste entre 2007 e 2008 no planetário da UFRGS (SARAIVA & STEFFANI 2009) apresentou o pior desempenho nessa questão (18% de acertos). Por outro lado, Scarinci & Pacca (2006) relatam que, em sua experiência com crianças de 5.a série do ensino fundamental, ao fazerem um teste oral após um curso de ciências, todos os alunos explicaram corretamente a razão do lado oculto da Lua.

4. Sumário e Conclusões

Apresentamos o desenvolvimento de um teste sobre fases da Lua e sua aplicação em estudantes de graduação em Física.

Constatamos que as maiores dificuldades enfrentadas na formulação de testes “objetivos” se referem a formular a questão de maneira a não deixar dúvidas sobre o que, exatamente, se está querendo avaliar.

Algumas questões tiveram que ser reformuladas várias vezes até considerarmos que ficaram suficientemente claras. 3 questões tiveram um aumento significativo no percentual de acertos relacionado à reformulação da pergunta. As perguntas sobre a frequência com que acontece determinada fase e a fase em que a Lua está quando apresenta determinada forma, estão entre as mais difíceis de elaborar de maneira a detectar a real concepção do estudante.

Também é preciso tomar muito cuidado para não pressupor conhecimentos prévios que sejam necessários para o entendimento da questão; o baixo percentual de acertos apresentados nas duas primeiras versões da questão relacionando o lado iluminado da Lua com a direção do Sol provavelmente foi originado pelo desconhecimento sobre os pontos cardeais, e não sobre o que realmente gostaríamos de ter questionado. A constatação da baixa familiaridade dos estudantes com a orientação através das direções dos pontos cardeais foi uma surpresa.

Em uma turma em que o teste foi aplicado em três momentos - antes da aula sobre o Fases da Lua e Eclipses, dois dias depois da aula e 1 mês depois da prova envolvendo esse assunto – o resultado da segunda e da terceira aplicação foi sensivelmente melhor em relação à primeira, indicando que os estudantes melhoraram sua compreensão sobre fases da Lua após o estudo, e que conservaram essa melhora pelo menos durante os três meses que separaram a primeira e a última aplicação.

De acordo com os dados obtidos na aplicação da última versão do teste, com 85 respondentes, confirmamos os resultados de outros estudos de que as maiores dificuldades em relação às fases da Lua dizem respeito a identificar a hora e a localização no céu em que a Lua aparece em determinada fase. No entanto, em média, nossos resultados são melhores do que os encontrados em outros estudos: comparando as percentagens médias de acertos em todas as questões semelhantes em nosso questionário e no LPCI, nosso resultado é superior em 20 pontos percentuais ao obtido em pós-teste na versão norte do LPCI (LINDELL & OLSON 2006) e superior em 17 pontos percentuais ao obtido em pós-teste na versão sul do LPCI (MULHOLLAND & GINNS, 2008); em particular, a causa de a Lua apresentar sempre a mesma face, uma questão com baixíssimo índice de acertos em dois levantamentos com estudantes universitários de diferentes áreas (ZEILIK *et al.*, 1998; TRUMPER, 2000), é bem entendida pela grande maioria dos estudantes de Física por nós questionados.

A questão em que os alunos apresentaram maior dificuldade (a questão 9 da versão no Apêndice) apresentou baixo índice de correlação item-total, e deve ser revisada antes de futuras aplicações do teste

5. Referências

BAO, L.; REDISH, E. F. Model analysis: Representing and assessing the dynamics of student learning. **Physical Review Special Topics – Physics Education Research** 2, 010103, 2006.

BARNETT, M.; MORRAN, J. Addressing children's alternative frameworks of the Moon's phases and eclipses. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 8, p. 859-879, 2002.

BAXTER, J. Children's understanding of familiar astronomical events. **International Journal of Science Education**, v. 11, n. 5, p. 502-513, 1989.

CAMINO, N. Ideas previas y cambio conceptual en astronomía. Un estudio con maestros de primaria sobre el día y la noche, las estaciones y las fases de la luna. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 1, p. 81-96, 1995.

GANGUI, A.; IGLESIAS, M.C.; QUINTEROS, C. Indagación llevada a cabo con docentes de primaria en formación sobre temas básicos de Astronomía. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** v. 9, n. 2, p. 467-486, 2010.

IACHEL, G. ; LANGHI, R.; SCALVI, R. M. F. . Concepções alternativas de alunos do ensino médio sobre o fenômeno de formação das fases da Lua. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, v. 5, p. 25-37, 2008.

KAVANAGH, C.; AGAN, L.; SNEIDER, C. Learning about Phases of the Moon and Eclipses: A Guide for Teachers and Curriculum Developers, **Astronomy Education Review**, v. 4, p.19-52, 2005.

LINDELL, R.; OLSEN, J.P. Developing the Lunar Phases Concept Inventory. In: FRANKLIN, S., MARX, J., CUMMINGS, K. (Ed.) **Proceedings of the 2002 Physics Education Research Conference**, New York: PERC Publishing, 2002.

Disponível em: <http://piggy.cis.rit.edu/franklin/perc2002/Lindell.pdf>. Último acesso em 4 de abril de 2008.

MULHOLLAND, J.; GINNS, I. 2008. College MOON Project Australia: Preservice teachers learning about the Moon's phases. **Research in Science Education**. Springer, v. 38, n. 3, p. 385-399, 2008.

PARKER, J.; HEYWOOD, D. The Earth and beyond: developing primary teachers' understanding of basic astronomical events. **International Journal of Science Education**, v. 20, n. 5, p. 503-520, 1998.

PEDROCHI F.; NEVES, M.C.D. Concepções astronômicas de estudantes de ensino superior. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 4, n. 2, 2005.

SILVEIRA, F. L.; MOREIRA, M. A.; AXT, R. Estrutura interna de testes de conhecimento em Física: Um exemplo em mecânica. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 2, p. 187-194, 1992.

SARAIVA, M.F.; STEFFANI, M.H. University students and school teachers understanding of Moon phases. In: INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION, Abstract Book XXVII General Assembly IAU, 2009. p. 433-433, 2009. Disponível em: <http://www.astronomy2009.com.br/AbsBookXXVIIga09.pdf>.

SCARINCI, A; PACCA, J. Um curso de astronomia e as pré-concepções dos alunos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 89 - 99, 2006.

PARKER, J.; HEYWOOD, D. The Earth and beyond: developing primary teachers' understanding of basic astronomical events. **International Journal of Science Education**, v. 20, n. 5, p. 503-520, 1998.

SIEGEL, S. **Estatística não-paramétrica**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.

STAHLY, L.; KROCKOVER, G.; SHEPARDSON, D. Third grade students' ideas about the Lunar Phases. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 36, n. 2, p. 159-177, 1999.

TREVISAN , R.H.; PUZZO, D. Fases da Lua e Eclipses: Concepções alternativas presentes em professores de ciências de 5.a série do ensino fundamental. In: BATISTA, I. et al. (Coord.) X ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, Londrina, 2006. Atas do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2006. Disponível em: www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/x/atas/resumos/T0179-1.pdf

TRUMPER, R. University students' conception of basic astronomy concepts. *Physics Education*, v. 35, I. 1, p. 9-15, 2000.

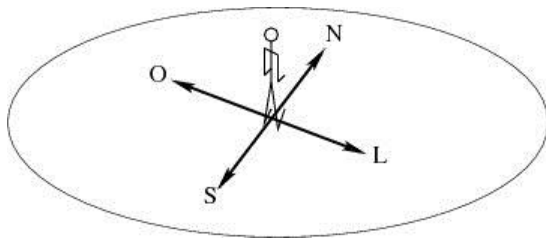
TRUNDLE, K; ATWOOD, R.; CHRISTOPHER, J., Preservice elementary teachers' conceptions of moon phases before and after instruction. **Journal of Research in Science Teaching**, c.39, i.7, p. 633-658, 2002.

ZEILIK M.; SCHAU, C.; MALTERN, N. Misconceptions and their change in university-level Astronomy courses. **The Physics Teacher**, v. 36, p. 104-107, 1998.

Apêndice:

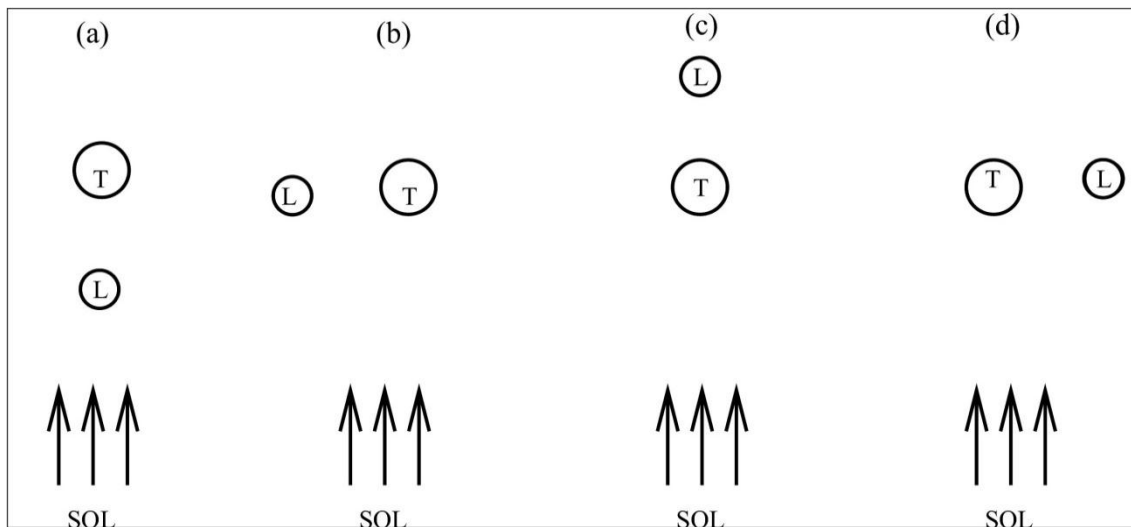
Questionário sobre Fases da Lua

- 1) A primeira figura abaixo mostra a orientação dos pontos cardeais no horizonte e uma pessoa voltada para a direção norte. Imagine que essa pessoa está vendo a Lua bem alta no céu à sua frente, e que a Lua aparece como na foto ao lado



Nesse mesmo instante o Sol está

- para o oeste.
 - para o leste.
 - para o norte.
 - para o sul.
- 2) Qual das seguintes orientações do sistema Terra-Lua em relação aos raios solares corresponde à Lua Cheia?



- 3) A Lua Nova acontece quando nenhuma porção da face iluminada da Lua é visível para um observador na Terra. Isso acontece porque
- a) a Lua está coberta pela sombra do Sol.
 - b) a Lua está coberta pela sombra da Terra.
 - c) a Lua está entre o Sol e a Terra.
 - d) a Terra está entre o Sol e a Lua.
- 4) Qual a frequência com que acontece a Lua Nova?
- a) Uma vez por semana.
 - b) Uma vez por mês.
 - c) Uma vez a cada duas semanas.
 - d) Sete vezes por mês.
- 5) Quanto tempo, aproximadamente, a Lua leva para completar uma órbita em torno da Terra?
- a) Um dia.
 - b) Uma semana.
 - c) Um mês.
 - d) Um ano.
- 6) Para acontecer um eclipse lunar, a Lua deve estar na fase
- a) Cheia.
 - b) Nova.
 - c) Quarto Crescente.
 - d) Quarto Minguante.
- 7) Quando acontece um eclipse solar,
- a) a Terra está entre o Sol e a Lua.
 - b) o Sol está entre a Lua e a Terra.
 - c) o Sol fica coberto pela Lua.
 - d) o Sol fica na sombra da Terra

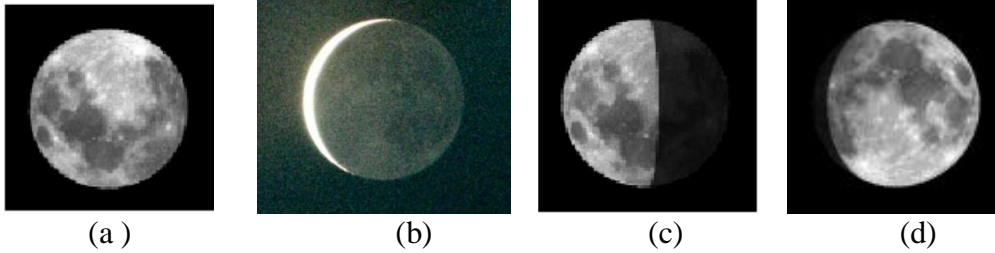
- 8) Certo dia, no início da noite, você enxerga a Lua pouco acima do horizonte onde ela logo vai se pôr, e ela está com uma forma parecida com a da figura abaixo. Em que direção do horizonte você está olhando para ver a Lua?



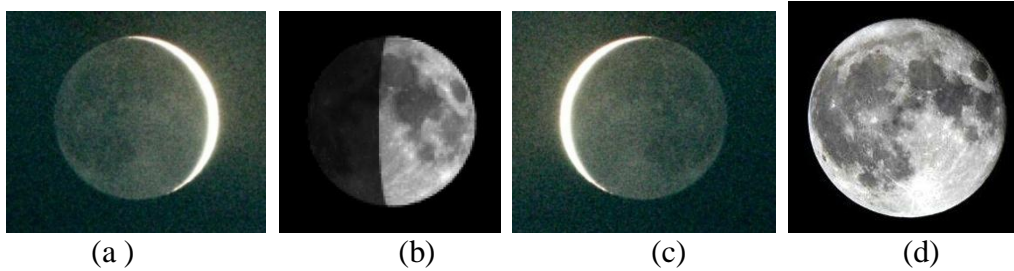
- a) Norte.
b) Sul.
c) Leste.
d) Oeste.
- 9) Em relação à questão anterior, qual a fase da Lua?
- a) Entre Nova e Quarto Crescente.
b) Entre Quarto Crescente e Cheia.
c) Entre Cheia e Quarto Minguante.
d) Entre Quarto Minguante e Nova.
- 10) Quanto tempo vai se passar até a Lua mostrar essa mesma aparência novamente?
- a) Um dia.
b) Um mês.
c) Uma semana.
d) Duas semanas.
- 11) Uma certa madrugada, pouco antes do nascer do Sol, você observa a Lua que acabou de nascer. Quanto de sua face visível estará iluminada?
- a) Toda.
b) Mais da metade.
c) Exatamente metade.
d) Menos da metade.
- 12) Em que direção você está olhando para ver a Lua nascer?
- a) Para o norte.
b) Para o sul.

- c) Para o leste.
- d) Para o oeste.

13) Se você observa a Lua Cheia nascendo ao anoitecer, qual das figuras abaixo melhor representa a aparência que a Lua terá à meia-noite do mesmo dia?



14) Nesse mesmo dia, qual das figuras abaixo melhor representa a forma como um morador de Nova Iorque verá a Lua quando for meia-noite naquela cidade?



15) Da Terra vemos sempre a mesma face da Lua porque

- a) a Lua não tem rotação em torno do próprio eixo
- b) a Lua gira em torno do próprio eixo no mesmo tempo em que gira em torno da Terra.
- c) a Lua gira em torno do próprio eixo no dobro do tempo em que gira em torno da Terra.
- d) a Lua gira em torno da Terra num tempo muito menor do que o tempo que a Terra leva para girar torno do Sol.